



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE
BIOENSILAJE A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ PARA
LA ALIMENTACIÓN DE VACAS PRODUCTORAS DE LECHE EN LA
SERRANÍA ECUATORIANA”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

CARDOSO TOTOY EDISON FERNANDO

Riobamba-Ecuador

2013

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL (E)

Ing. M.C. Byron Leoncio Díaz Monroy.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.C. Vicente Rafael Oléas Galéas.
ASESOR DE TESIS

Riobamba, 18 de octubre de 2013.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar mis estudios superiores no puedo dejar pasar por alto el agradecimiento a quienes confiaron en mí y me ayudaron a lograr la meta planteada. Por ello doy gracias a Dios por ser mi refugio y mi fortaleza, a mi familia y amigos por ser parte de mi existencia y me apoyaron siempre.

Quiero dejar constancia de mis sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Facultad de Ciencias Pecuarias y por su intermedio a la Escuela de Ingeniería Zootécnica; a los señores Miembros del Tribunal; Ing. Byron Díaz Director de Tesis, al Ing. Vicente Oleas. Asesor de Tesis, por sus valiosos aportes y oportunas sugerencias en la realización y culminación de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios que desde el cielo me ha sabido guiar y cuidarme.

A mis padres y hermanos, quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento.

A mis amigos en especial a Lorena como también a Marcelito quien fue y es parte fundamental como especial en mi vida para llegar a cumplir mis objetivos y no decaerme a pesar de muchas circunstancias que se presentaron en mi vida pero su confianza y amor siempre fue luz de vida.

De todo corazón se los dedico a ellos Gracias.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|----------|
| Resumen | v |
| Abstract | vi |
| Lista de Cuadros | vii |
| Lista de Gráficos | viii |
| Lista de Anexos | ix |
| I. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u> | 3 |
| A. BIOTECNOLOGÍA Y BIOENSILAJES | 3 |
| B. FENÓMENOS QUE OCURREN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOENSILAJE | 4 |
| 1. <u>Prefermentado inicial</u> | 4 |
| 2. <u>Mezclado (prefermentado final)</u> | 4 |
| 3. <u>Ensilado</u> | 4 |
| a. Fase aerobia o enzimática | 5 |
| b. Efecto del oxígeno | 6 |
| c. Hidrólisis de las proteínas | 7 |
| d. Fase anaeróbica | 8 |
| e. Flora epífica | 8 |
| C. BACTERIAS QUE SE DESARROLLAN EN LOS ENSILAJES Y SUS PRODUCTOS METABÓLICOS. | 9 |
| 1. <u>Bacterias lácticas</u> | 10 |
| 2. <u>Bacterias clostrídicas</u> | 11 |
| D. UTILIZACIÓN DE ADITIVOS | 13 |
| E. FORRAJES QUE SE PUEDEN ENSILAR | 15 |
| F. FABRICACIÓN DE ENSILAJES | 15 |
| 1. <u>Ventajas del bioensilaje</u> | 16 |
| 2. <u>Desventajas del ensilaje</u> | 16 |
| 3. <u>Pérdidas en los bioensilajes</u> | 17 |
| a. Pérdidas de oxidación | 17 |
| b. Pérdidas fermentativas | 18 |
| c. Pérdidas por lixiviación | 18 |

| | | |
|------|--|-----------|
| d. | Pérdidas de campo | 18 |
| 4. | <u>Manejo de los bioensilajes</u> | 19 |
| 5. | <u>Observaciones del bioensilaje</u> | 19 |
| a. | Condiciones ideales | 19 |
| b. | Factores que influyen en la calidad del ensilaje | 20 |
| 6. | <u>Aplicaciones del ensilaje en el ganado</u> | 21 |
| G. | REQUERIMIENTOS Y CUIDADOS NUTRICIONALES DE LA VACA LECHERA | 23 |
| 1. | <u>Requerimientos nutricionales</u> | 23 |
| a. | Energía | 24 |
| b. | Proteína | 25 |
| c. | Minerales | 26 |
| d. | Vitaminas | 27 |
| 2. | <u>Sistemas de alimentación</u> | 27 |
| a. | Inicio de Lactación | 28 |
| b. | Periodo medio de la lactación | 28 |
| c. | Final de la lactación | 28 |
| H. | RESIDUOS DE COSECHA DE MAIZ | 29 |
| 1. | <u>Caña verde de maíz</u> | 29 |
| 2. | <u>Rastrojo de maíz</u> | 30 |
| III. | <u>MATERIALES Y METODOS</u> | 31 |
| A. | LOCALIZACION Y DURACION DE LA INVESTIGACION | 31 |
| B. | UNIDADES EXPERIMENTALES | 31 |
| C. | MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES | 31 |
| 1. | <u>De campo</u> | 32 |
| 2. | <u>Equipos de laboratorio</u> | 32 |
| 3. | <u>Instalaciones</u> | 33 |
| D. | TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL | 33 |
| E. | MEDICIONES EXPERIMENTALES | 34 |
| 1. | <u>Fase I Evaluación del prefermento</u> | 34 |
| a. | Caracterización físico – química del prefermento | 34 |
| b. | Caracterización microbiológicos del prefermento | 34 |
| 2. | <u>Fase II Evaluación del ensilaje</u> | 35 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| a. | Caracterización físico – química del ensilaje | 35 |
| b. | Bromatológicos del ensilaje y potrero | 35 |
| 3. | <u>Fase III Evaluación biológica en vacas lecheras</u> | 35 |
| a. | Parámetros productivos | 35 |
| F. | ANALISIS ESTADISTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA | 35 |
| G. | PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL | 36 |
| 1. | <u>De campo</u> | 36 |
| a. | Producción de bioensilaje | 36 |
| b. | Prueba biológica con vacas productoras de leche | 37 |
| c. | Programa sanitario | 37 |
| 2. | <u>De Laboratorio</u> | 37 |
| H. | METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN | 37 |
| 1. | <u>Parámetros Productivos</u> | 37 |
| 2. | <u>Bromatológicos</u> | 38 |
| 3. | <u>Microbiológicos</u> | 38 |
| 4. | <u>Físico – Químicos</u> | 38 |
| IV. | <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 39 |
| A. | CARACTERIZACIÓN DE PREFERMENTOS OBTENIDOS A PARTIR DE FUENTES DE MICROORGANISMOS NATIVOS, PARA SU UTILIZACIÓN EN ELABORACIÓN DE BIOENSILAJES. | 39 |
| 1. | <u>Caracterización físico – química del prefermento</u> | 39 |
| a. | Temperatura | 39 |
| b. | Ph | 39 |
| c. | Ácido láctico | 42 |
| d. | Ácido propiónico | 42 |
| e. | Ácido butírico | 45 |
| f. | Cociente total de sacarosa (°Brix) | 45 |
| g. | Densidad óptica por espectrofotometría | 45 |
| 2. | <u>Caracterización microbiológicos del prefermento</u> | 48 |
| a. | Hongos mesófilos totales | 48 |
| b. | Levaduras | 48 |
| c. | Aerobios mesófilos totales | 51 |
| d. | Bacterias ácido lácticas | 51 |

| | | |
|------|---|----|
| e. | Coliformes totales | 51 |
| f. | Biomasa bacteriana | 56 |
| B. | CARACTERIZACIÓN DE BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 56 |
| 1. | <u>Caracterización físico – química del ensilaje</u> | 56 |
| a. | Temperatura | 56 |
| b. | pH | 56 |
| c. | Ácido láctico | 59 |
| d. | Ácido acético | 59 |
| e. | Contenido de nitrógeno | 62 |
| (1). | Nitrógeno total | 62 |
| (2). | Nitrógeno amoniacal | 62 |
| (3). | Nitrógeno verdadero | 64 |
| 2. | <u>Caracterización bromatológica de alimentos utilizados</u> | 64 |
| a. | Ensilajes de maíz con diferentes prefermentos | 64 |
| (1). | Materia seca | 64 |
| (2). | Humedad | 66 |
| (3). | Proteína bruta | 66 |
| (4). | Fibra bruta | 68 |
| (5). | Grasa | 68 |
| (3). | Extracto libre de nitrógeno | 69 |
| (4). | Ceniza | 69 |
| (5). | Materia orgánica | 69 |
| b. | Mezcla forrajera utilizada como alimento base | 70 |
| C. | EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 70 |
| 1. | <u>Parámetros productivos en vacas</u> | 70 |
| a. | Peso corporal | 70 |
| b. | Consumo de alimento | 72 |
| c. | Producción de leche | 75 |

| | | |
|------|--|-----------|
| d. | Conversión alimenticia | 77 |
| | EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 78 |
| V. | <u>CONCLUSIONES</u> | 80 |
| VI. | <u>RECOMENDACIONES</u> | 81 |
| VII. | <u>LITERATURA CITADA</u> | 82 |
| | ANEXOS | 84 |

RESUMEN

En el Programa de Producción de bovinos de leche de la Estación Experimental Tunshi, y en el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, ubicados en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, se evaluó y validó la tecnología de producción de bioensilaje a partir de los residuos de cosecha de maíz, elaborados con diferentes preparados microbianos a base de suero de leche, estiércol Bovino y la combinación de los mismos, para la alimentación de vacas productoras de leche, utilizándose un Diseño de Bloques Completamente al Azar y evaluándose diferentes variables durante 120 días de investigación. Determinándose la mayor producción de ácido láctico y nitrógeno verdadero, así como también menor contenido de ácido acético y nitrógeno amoniacal en el bioensilaje de residuos de maíz a base de preparado microbiano de suero de Leche, reportándose además mayor contenido de proteína bruta y grasa con 16,69 y 1,77 % respectivamente, así como menor contenido de fibra con 20,31 %. Por otro lado con la utilización de este bioensilaje en vacas lecheras se obtuvo la mejor ganancia de peso alcanzando un valor de 5,46 Kg, mayor producción de leche con vaca/día y más eficiente conversión alimenticia, con lo que se obtuvo una mayor rentabilidad alcanzando un indicador de beneficio/costo de 1,18. Se recomienda utilizar el bioensilaje de residuos de cosecha de maíz elaborado con preparado microbiano base de suero de leche, como suplemento en vacas lecheras.

ABSTRACT

The dairy cattle program which belongs to the Tunshi experimental station and the microbiology and biotechnology laboratory of the animal science faculty in the ESPOCH, located in Riobamba, Chimborazo province the bio silage production technology from the corn crop waste was evaluated. It was elaborated with microbial preparations and milk –based , bovine manure and the mixture of all of them for feeding dairy cows. A block design completely randomized was used and also an evaluation of the variables for 120 days research. It was determined the greater production of lactic acid and nitrogen, as well as the decrease of the acetic acid and amoniacal nitrogen in the bio silage of corn waste prepared, with microbial based buttermilk. A higher content of crude protein and fat was reported with 16,69 and 1,77 % respectively as well as low fiber content with 20,31 %. By the other hand with the usage of this bio silage in dairy cows it was obtained the best weight gain with 5,46 Kg, the milk production increased and more efficient feed conversion. A higher profitability was reached with a profit indicator of 1,18. It is recommended to use the bio silage of corn crop waste elaborated with microbial preparations and milk-based as a supplement in dairy cows

LISTA DE CUADROS

| No. | Pág. |
|--|------|
| 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. | 31 |
| 2. DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES PARA EL PREPARADO MICROBIANO (PREFERMENTADO INICIAL). | 33 |
| 3. COMBINACION PARA EL ENSILADO. | 34 |
| 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO. | 34 |
| 5. ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANZA. | 36 |
| 6. ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES DETERMINADOS EN PREFERMENTOS OBTENIDOS A PARTIR DE FUENTES DE MICROORGANISMOS NATIVOS, PARA SU UTILIZACIÓN EN ELABORACIÓN DE BIOENSILAJES. | 43 |
| 7. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 60 |
| 8. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 65 |
| 9. EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 71 |
| 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA EN LA EXPLOTACIÓN DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS. | 79 |

LISTA DE GRÁFICOS

| No. | Pág. |
|---|------|
| 1. Sondeo de la temperatura, en prefermentos elaborados, para su utilización en bioensilajes durante diferentes periodos de tiempo. | 40 |
| 2. Apreciación del pH, en prefermentos elaborados, para su utilización en bioensilajes durante diferentes periodos de tiempo. | 41 |
| 3. Valoración de ácidos grasos volátiles, en prefermentos elaborados, para su utilización en la elaboración de bioensilajes. | 44 |
| 4. Evaluación del Coeficiente de Sacarosa durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 46 |
| 5. Densidad de bacterias/cc, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 47 |
| 6. Conteo de Hongos mesófilos totales, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 49 |
| 7. Conteo de Levaduras, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 50 |
| 8. Aerobios mesófilos totales, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 52 |
| 9. Cuantificación de Bacterias lácticas, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 53 |
| 10. Coliformes totales, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 54 |
| 11. Biomasa bacteriana, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes. | 55 |

| | |
|---|----|
| 12. Evaluación de la temperatura, durante diferentes periodos de tiempo, en bioensilajes elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos. | 57 |
| 13. Valoración del pH en diferentes periodos de tiempo, durante la producción de bioensilajes elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos. | 58 |
| 14. Contenido de ácidos grasos volátiles, en bioensilajes de rastrojo de maíz elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos. | 61 |
| 15. Contenido de nitrógeno total, amoniacal y verdadero, en bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos. | 63 |
| 16. Contenido proteína, fibra, grasa y extracto libre de nitrógeno, en bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos. | 67 |
| 17. Peso final y ganancia de peso en vacas lecheras Holstein, alimentadas con bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con tipos de prefermentos. | 73 |
| 18. Consumo de materia seca en vacas lecheras Holstein, alimentadas con bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con tipos de prefermentos. | 74 |
| 19. Producción de leche diaria en vacas lecheras Holstein, alimentadas con bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con tipos de prefermentos. | 76 |

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Análisis de varianza de las características químicas de prefermentos obtenidos a partir de fuentes de microorganismos nativos, para su utilización en elaboración de Bioensilajes.
2. Análisis de varianza de las características químicas de Bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos.
3. Análisis de varianza de los componentes bromatológicos del bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos.
4. Análisis de varianza de los parámetros productivos de vacas lecheras, alimentadas con pastoreo y bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país tenemos una amplia parte de la población que se encuentra en el sector rural, la cual se dedica a distintas actividades agropecuarias, una de ellas la producción de ganado lechero, misma que se debate entre problemas de carácter particular puesto que los pequeños y grandes ganaderos se encuentran con dificultades como la falta de alimentación constante durante todo el año ya que existen dos épocas climáticas muy marcadas: un verano fuerte y la época de lluvias, durante la mayor presencia de ésta existe suficiente forraje para los animales y cuando las lluvias disminuyen y empieza la época de sequía los problemas de alimentación de los animales se hace notorio.

Al tomar en cuenta que los animales deben recibir su alimento en forma adecuada durante todos los días sin importar la época o si existen lluvias o no para que la producción sea la más conveniente para el productor, se debe considerar alternativas para suplir la falta de forraje en ciertas épocas del año cuando la presencia de lluvias es escasa y una de éstas es la conservación del forraje de las épocas de bonanza mediante el bioensilaje, el cual servirá para la alimentación de los animales cuando los pastos empiezan a escasear.

Si nuestros animales están bien alimentados los beneficios que de éstos recibamos serán los más adecuados, es indudable que en nuestra zona la mayor concentración de la producción está enfocada a la crianza de animales lecheros y éstos deben tener un desarrollo adecuado para cuando sean adultos su producción sea la más óptima, es así que un buen indicativo de cómo está la producción de leche en la finca es la forma de alimentar a las vacas productoras de leche y para que éstas expresen todo su potencial de producción es necesario que estas estén bien alimentadas en su época de crecimiento y desarrollo y fundamentalmente en el período de lactancia.

Si tenemos en cuenta que la producción de leche es un soporte muy importante en la economía de las personas involucradas en esta actividad y que la alimentación de los animales, constituye la base fundamental para lograr mejores

resultados en la actividad, se hace necesario la búsqueda de fuentes alimenticias suplementarias que contribuyan en la alimentación general de todo el hato.

El uso de residuos de cosecha en el proceso de ensilaje para proveer de alimentos a las vacas en el período de producción de leche viene a ser una alternativa frente a los problemas que enfrenta el sector por la falta de forraje y el alto costo de suplementos alimenticios en las diversas etapas de la lactancia ya que es en esta fase cuando los animales expresan su mayor potencial productivo y significa el incremento o decremento de los réditos económicos para el productor.

Al tomar en cuenta que es importante el suplemento alimenticio tanto en el período de lactancia como en el periodo de gestación y que su alimentación debe cumplir con los requerimientos básicos para el normal desenvolvimiento de los animales, es necesario buscar fuentes alternativas de alimentación ya que de ésta manera se aportaría al desarrollo de las ganaderías con el estudio del comportamiento productivo de bovinos productores de leche frente al consumo de bioensilajes a partir de residuos de cosecha de maíz, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

1. Validar la Tecnología desarrollada en el Proyecto PFN-057 FUNDACYT para la Producción de Bioensilaje a partir de residuos de cosecha de maíz.
2. Evaluar el comportamiento productivo de vacas mestizas (Holstein Alta Cruza), bajo la influencia de diferentes tratamientos de Bioensilaje a partir de rastrojo de maíz.
3. Determinar los costos de producción y la rentabilidad al aplicar esta tecnología.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. BIOTECNOLOGÍA Y BIOENSILAJES

Según Truman, G. (1994), la biotecnología es la utilización de organismos vivos o bien sistemas o procesos biológicos para la producción industrial o su empleo en los servicios de saneamiento; actualmente la biotecnología pone énfasis, en la producción de proteínas de origen unicelular, el empleo de microorganismo se debe ha que estos contienen un alto porcentaje de proteína, crecen muy rápidamente, sus condiciones de cultivo son independientes del clima, requiere poco espacio, mano de obra en menor escala, los fertilizantes y el agua se utilizan en estos procesos de un modo mas eficaz que en la agricultura.

Las materias primas naturales, entre las que se incluyen los alimentos y los desechos agrícolas, pueden transformarse catalíticamente en productos útiles mediante el uso de los microorganismos o los enzimas que se obtienen de ellos. El tratamiento de residuos, que tiene como objetivo la descontaminación ambiental mediante la cual y de manera secundaria, la masa de microorganismos obtenida (proteína de organismos unicelulares, SCP), puede usarse como pienso para los animales. (Wisman, A. 1986).

Para Bugstaller, G. (1981), el término ensilaje puede utilizarse para referirse a la técnica o al producto final de esa técnica; igual puede utilizarse la palabra ensilado o silaje, en tanto que silo es el depósito donde se realiza el ensilaje, aunque para la técnica lo más apropiado es bioensilaje.

Con la aclaración que se antecede, el ensilaje es la técnica que tiene por finalidad conservar los forrajes por medio de una fermentación en un estado muy semejante al que poseen cuando frescos; los elementos nutritivos encerrados en las células vegetales, y liberados parcialmente en el momento de su muerte son empleados por las bacterias lácticas y transformadas por algunas de ellas en ácido láctico. Esto produce un descenso del pH e impide el desarrollo de microorganismos perjudiciales. En realidad esta fermentación espontánea es muy compleja, y, desde el mismo

momento del corte de la hierba, se manifiestan diversas degradaciones debidas tanto a los microbios como a enzimas que están presentes en los vegetales.

En cuanto al ensilado, es el producto final del proceso realizado en ausencia de aire en un lugar seco y protegido llamado silo. La ausencia del aire es el secreto del éxito. Se procura que se realicen fermentaciones favorables por la acción de bacterias anaeróbicas, es decir, en ausencia de oxígeno. Bugstaller, G. (1981).

B. FENÓMENOS QUE OCURREN EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOENSILAJE

Para Álvarez, R. (1981), los principales procesos que ocurren son:

1. Prefermentado inicial

Los cambios observables en esta fase es el incremento del pH alrededor de ocho horas durante el principio de la fermentación, debido al desprendimiento de amoníaco producido por la fuerte actividad de la ureasa.

El ph desciende durante la segunda etapa de fermentación debido a la proliferación de lactobacilos y consecuentemente una producción considerable de ácido láctico que neutraliza el amoníaco y hace descender el pH.

2. Mezclado (prefermentado final)

Es la mezcla de la fermentación, con una mayor cantidad de carbohidratos, nitrógeno no proteico y fibra lignocelulósicas que se utilizan como material absorbente.

3. Ensilado

Es la maduración del producto terminado, durante la cual se aumenta la digestibilidad de las fibras lignocelulósicas y el contenido de proteína microbiana

Se denomina ensilaje al producto final que se obtiene cuando se conserva un alimento mediante un proceso de fermentación anaeróbica en estado húmedo. (Díaz, B. 1999).

El ensilaje es otra de las alternativas en la conservación de forrajes; es importante, porque podemos disponer de alimento para ganado en poco tiempo después de haberse ensilado, y además, quizá lo más importante, es utilizarlo cuando se desee sin importar el tiempo transcurrido después de haberse ensilado.

El ensilaje es muy apetecible y nutritivo siendo ideal utilizarlo en épocas críticas de escasez de alimento en los agostaderos. El objetivo principal de esta técnica de conservación es mantener el valor nutritivo original, con un mínimo de pérdidas en materia seca y sin que se formen productos tóxicos que puedan perjudicar las funciones productivas y la salud de los animales.

En la transformación de un material fresco en conservado, intervienen factores enzimáticos y microbiológicos, los cuales se conjugan para determinar el éxito o el fracaso de la preservación, por lo que solo conociendo profundamente los principios que rigen estos factores se podrán disminuir los riesgos de una pérdida parcial o total de un alimento. (Watson, S. y Smith, A. 1995).

Durante la fabricación de los ensilajes se pueden distinguir dos etapas:

- La fase aeróbica o enzimática
- La fase anaeróbica o microbiológica

Aunque en la práctica ambas pueden ocurrir simultáneamente (Ojeda, F. 1991).

a. Fase aerobia o enzimática

Desde el punto de vista técnico y científico, esta fase presenta una importancia vital. De ellas dependerá en gran medida, lo que ocurrirá en la próxima fase, al

condicionar bajo que circunstancias se ejecutan.

b. Efecto del oxígeno

Cuando el forraje es depositado en el silo todavía está vivo y mantiene activas todas sus funciones metabólicas aunque sufren transformaciones importantes.

La primera reacción que se produce es el cese de la síntesis de carbohidratos solubles para dar paso a la respiración, principalmente en aquellos lugares donde ya no penetran los rayos solares.

En esta reacción encontramos cuatro elementos negativos para la conservación:

1. Elevación de la temperatura, que en casos extremos puede provocar la pérdida del ensilaje por carbonización o la disminución del valor nutritivo de las proteínas por desnaturalización.
2. Disminución del contenido inicial de los carbohidratos solubles que posteriormente serán necesarios como fuente energética para las bacterias.
3. Pérdidas de materia seca en forma de CO_2 no recuperable.
4. Aumento de humedad en los forrajes, lo cual favorece el desarrollo de un grupo de bacterias.

Esta acción perjudicial no se detiene, hasta que alguno de los dos elementos que intervienen se agote o se produzca la muerte de las células. Es necesario señalar que la presencia de oxígeno dentro de la masa ensilada presenta también otros aspectos negativos que deben tenerse en cuenta. En los ensilajes que permanecen sin extraerles el aire durante un tiempo prolongado, el número de levaduras presentes se incrementa notablemente: estas compiten con las bacterias ácido lácticas por los carbohidratos soluble y producen compuestos carbonados que no contribuyen a la conservación, además de perjudicar posteriormente cuando comienzan a utilizarse los ensilajes, al favorecer la deterioración aerobia de estos.

Por otra parte el desarrollo de los microorganismos es un proceso extracelular, lo que implica que mientras no ocurra la muerte de las células, y con ello la evacuación de los jugos celulares o plasmólisis, no se puede considerar que haya comenzado la conservación.

Como se puede comprender, resulta necesario minimizar la presencia de oxígeno en esta fase con el objetivo de evitar todos los inconvenientes antes señalados. Esto se logra mediante la conjunción de los factores siguientes:

- Primero: Trocear finamente el materia de 2 a 4 cm. Con este tamaño la partícula se facilita la superposición de las capas y disminuye el número de poros intersticiales, a la vez que se aumenta la densidad de los ensilajes y se evita la posible reentrada del aire.
- Segundo: Compactar los ensilajes a medida que se va depositando el forraje en el silo: la compactación resulta más eficaz en la medida que el troceado es menor. Es un error común pensar que la compactación que se deja de efectuar en un momento determinado se puede compensar al incrementar el tiempo de compactación que se proporcione en a próxima capa; sin embargo investigaciones realizadas al respecto han demostrado que esto no es así. (Lees, R. 1982).
- Tercero: Cubrir con una lámina de polietileno el ensilaje y colocarle encima elementos compactantes como arena, tierra, neumáticos y otros.

En los silos que se cumplen los requisitos antes señalados el aire retenido dentro del ensilaje desaparece a las 5 ó 6 horas de terminado y en 72 horas cuando su cierre demora 48 horas. Cuando un ensilaje se calienta se debe a que existe una renovación de aire fresco dentro de la masa, ya que los incrementos de temperatura por efecto de las fermentaciones no pasan de 1 a 3 ° C. La única solución para eliminar esta acción negativa es prolongar la compactación hasta que la temperatura disminuya.

En climas tropicales, antes de dar por terminado un ensilaje no cubierto con polietileno, se admite como temperatura máxima 42° C, los valores inferiores a este se consideran como aceptables (Ojeda, F. 1991).

c. Hidrólisis de las proteínas

Las proteínas representan entre el 70 y 80% de nitrógeno total presente; sin embargo, en esta fase ellas comienzan a ser degradadas hasta ácidos aminados por las proteasas existentes en la planta. Estas enzimas presentan un pH óptimo para su actividad entre 5.0 y 6.0, el cual coincide con el que normalmente se encuentra en los forrajes antes de ser conservados. Su actividad presenta una caída brusca inicial, para estabilizarse asintóticamente entre las 3 y 6 horas; esta declinación se mantiene por un periodo de 2 a 5 días hasta hacerse inmedible por los diferentes cambios que ocurren con el desarrollo microbiano de los ensilajes a partir de dicho periodo de tiempo.

El pH es el factor que más incide en la actividad enzimática y cuando alcanza un valor inferior a 4.9 esta cesa inmediatamente. Esto explica por qué aún en los ensilajes bien conservados el nitrógeno soluble puede representar desde el 49 hasta el 60% del nitrógeno total.

Es conveniente señalar que la solubilización de las proteínas repercute desfavorablemente en el valor nutritivo de este nutrimento.

d. Fase anaeróbica

El desarrollo de esta fase tiene sus inicios a partir de la flora epifítica que presentan los forrajes en el momento del corte y sus resultados finales dependen de las condiciones físicas y químicas que se establezcan en la masa ensilada desde el momento mismo en que se comience la fabricación de los ensilajes. (Elliot, R. 1983).

e. Flora epífica

Los forrajes tienen sobre sus estructuras externas de manera espontánea, varios millones de microorganismos en los cuales predominan los de crecimiento aeróbico. Si el forraje ha sido pastoreado también pueden producirse cambios en la composición. De todas las bacterias presentes, solo las que se agrupan en el género coliforme son consideradas como importantes en su condición de bacterias facultativas, ya que pueden realizar un crecimiento rápido utilizando los jugos celulares extraídos por laceración del forraje durante las operaciones de corte.

En su metabolismo estas bacterias transforman los azúcares de la planta en ácido fórmico, ácido acético, alcohol y CO₂ y algunas pueden, incluso, degradar los ácidos aminados en amoníaco y aminas tóxicas.

Como no todos los compuestos formados por estas bacterias contribuyen a la disminución de la masa ensilada, por consumir azúcares que posteriormente serán necesarios para las bacterias lácticas, en general puede considerarse que sus actividades son más perjudiciales que beneficiosas, por lo que se debe controlar o limitar su acción lo más rápidamente posible. Esto se logra cuando el pH desciende por debajo de 4.5, por ello, en la mayoría de los ensilajes no acidificados artificialmente desaparecen en los primeros 10 días de conservación y el resto de las bacterias aerobias lo hacen en cuanto cesa la presencia de oxígeno dentro del silo.

En la flora epifítica también se encuentran algunas bacterias anaeróbicas estrictas, como son las del género *Clostridium* y las de género láctico Ojeda, F. (1991).

En el caso de las bacterias lácticas; ellas son escasas en el forraje verde y en muchas especies de forraje no se detectan. Sus mayores concentraciones aparecen en las partes muertas de las plantas, y en la mayoría de los estudios no pasan de 10^2 cel/ g de MS (Lees, R. 1982).

Sin embargo, su número aumenta considerablemente cuando se analiza el forraje ya cortado debido a que las bacterias lácticas se instalan de forma espontánea en los órganos de corte de las silo cosechadoras y demás equipos agrícolas que se emplean durante la fabricación, con lo que ocurre una inoculación natural. El desarrollo de las bacterias lácticas está condicionado por tres aspectos. (Elliot, R. 1983).

- a. El número de bacterias lácticas presentes en el forraje fresco.
- b. La presencia de azúcares fermentables en cantidades suficientes y liberados en el momento óptimo.
- c. La ausencia de oxígeno en la masa ensilada.

C. BACTERIAS QUE SE DESARROLLAN EN LOS ENSILAJES Y SUS PRODUCTOS METABÓLICOS.

El desarrollo de los microorganismos dentro de las primeras 12 a 34 horas es marcado; las bacterias aeróbicas desaparecen en los primeros 2 días, las coniformes al final de la primera semana, mientras que las lácticas alcanzan su máximo desarrollo dentro de los primeros días de conservación (2 a 6 días), hasta que el efecto de la acidificación del medio que hace que sus concentraciones tiendan a estabilizarse. En el caso de los *Clostridium* ellos podrán desarrollarse o no en función de las condiciones que presente el medio. Su germinación puede ocurrir en unas horas, algunos días, incluso semanas o nunca. (Ojeda, F. 1991).

1. Bacterias lácticas

Un pH inferior a 4.5 proporciona el medio ideal para las acidolácticas y elimina el crecimiento de bacterias acidobutíricas. Estas condiciones de acidez se alcanzan fácilmente en cultivos con bajos niveles de proteína y alto contenido de carbohidratos no estructurales, tales como maíz y avena; sin embargo, se presentan problemas para lograrlo en gramíneas y leguminosas con alto contenido de proteína, por el efecto buffer de algunos aminoácidos. En el mercado es posible conseguir sustancias que al adicionarlas al ensilaje favorecen

la acidificación de la masa forrajera, denominadas aditivos. Estas sustancias pueden ser ácidos orgánicos como el propiónico, o inorgánicos como el fórmico; también se encuentran algunos aditivos biológicos, que tienen altas concentraciones de bacterias ácido lácticas (Gomez, J. 1981).

De acuerdo con su morfología, las bacterias lácticas se dividen en cocos y bacilos, y teniendo en cuenta los productos de su metabolismo se clasifican en homofermentativas y heterofermentativas. Las homofermentativas u homolácticas fermentan las hexosas en ácido láctico como un producto final, mientras que las heterolácticas lo hacen y producen además ácido láctico otros productos químicos como son ácido acético y alcoholes. Cuando las bacterias lácticas utilizan como fuente energética las pentosas que se encuentran disponibles como resultado de las hemicelulosas o los ácidos orgánicos de la planta, producen ácido acético independientemente de que sean homo o heterofermentativas. Esta característica metabólica pudiera explicar el predominio del ácido acético en los ensilajes conservados con bajos contenidos de carbohidratos solubles, como es el caso de los forrajes tropicales. Otro aspecto que favorece a las bacterias lácticas es que prácticamente no presentan actividades proteolíticas, y se señala que solo algunos microorganismos emplean los aminoácidos arginina y serina como sustrato (Wisman, A. 1986).

Los modelos fermentativos más importantes se extraen las conclusiones siguientes Ojeda, F. (1991).

- El rendimiento de las bacterias lácticas homofermentativas es de 100%, es decir, no se producen pérdidas de materia seca.
- Las fermentaciones heterofermentativas son menos eficientes que las homofermentativas, al producirse pérdida de materia seca en forma de CO₂ y alcoholes que no contribuyen a la estabilidad de los ensilajes; además, el ácido acético tiene un poder acidificante inferior a la del ácido láctico.

La eficiencia de las fermentaciones de los ácidos orgánicos de la planta es baja, pues siempre implican pérdida de materia seca en forma de CO₂.

2. Bacterias clostrídicas

Estos microorganismos se caracterizan por desarrollarse principalmente en condiciones anaeróbicas y pueden fermentar azúcares, ácido láctico y aminoácidos. Al igual que las bacterias lácticas, pueden dividirse teniendo en cuenta los sustratos que metabolizan en dos grupos. Ojeda, F. (1991).

- Clostridius sacarolíticos, los cuales fermentan principalmente carbohidratos solubles y ácido láctico, y poseen una actividad proteolítica limitada;
- Clostridius proteolíticos, los que emplean para su desarrollo fundamentalmente los aminoácidos libres y muestran una actividad débil sobre los carbohidratos solubles.

Su presencia y productos metabólicos están asociados a ensilajes de mala calidad y mal conservados. Como se puede deducir de todo lo anteriormente expuesto, es vital impedir que los microorganismos se instauren en los ensilajes y para ello se hace necesario tomar precauciones. En primer lugar que no sean introducidos en los ensilajes u que aquellos inevitablemente presentes no pueden desarrollarse. Esto se logra de la forma siguiente:

- Impedir que los forrajes se contaminen con tierra, principalmente durante su depósito y apisonamiento en el silo.
- Favorecer la implantación rápida, efectiva y estable de las bacterias lácticas.
- Contribuir a que se produzca una disminución rápida del pH.
- Elevar la presión osmótica del forraje a conservar, lo que equivale en la práctica a elevar el contenido de materia seca del material mediante el presecado.

La introducción de tierra dentro de la masa del forraje a conservar equivale a inocular dichos microorganismos, ya que como se ha explicado anteriormente estos se encuentran en forma natural en el suelo y elevan con ello las potencialidades de su desarrollo posterior. Esta es la razón por la que se recomienda ubicar los silos en los lugares donde existan al menos de 200 a 500

metros de buenos caminos, con vistas a que la mayor parte del barro adherido a las gomas de los tractores y remolques pueda desprenderse y de esta manera evitar que posteriormente quede depositado dentro del silo durante las operaciones de depósito del forraje. Igualmente son preferibles los silos cosechadoras que cortan el forraje por cizalla y no las que lo hacen por impacto, pues el movimiento circular de las cuchillas de estas últimas tienden a aspirar tierra. Lograr una buena población de bacterias lácticas, no solo representa un beneficio de los ensilajes por las cuestiones señaladas anteriormente sobre dichos microorganismos, sino porque además ellas ejercen una acción antimicrobiana en otros grupos de bacterias, incluidos los clostridios. Por otra parte, en el control de las bacterias Clostridicas el factor más importante para evitar su desarrollo le constituyen la relación entre el pH y la materia seca que se establezcan antes y durante la conservación. Estos microorganismos son casi tan tolerantes a la acidez del medio como los lactobacilos. Su versatilidad para utilizar los mismos sustratos les da cierta ventaja sobre estos; sin embargo, afortunadamente los clostridios son mucho menos tolerantes a las altas presiones osmóticas del medio.

Los estudios microbiológicos realizados por Wisman, A. (1986), demostraron la dependencia del crecimiento de los clostridios en función del contenido de materia seca y el pH. El porcentaje de materia seca óptimo para garantizar una inhibición total de los clostridios se sitúa teóricamente entre los 45 y 50%, aunque en la práctica este efecto se puede lograr a valores más bajos cuando se toman las medidas y precauciones necesarias.

D. UTILIZACIÓN DE ADITIVOS

Los propósitos de añadir aditivos al ensilaje son asegurar la preservación, auxiliar la actividad microbiana útil e inhibir la perjudicial. Puede considerarse como un tercer grupo de aditivos, aunque su acción no es propia del proceso como tal, sino el de mejorar el valor nutritivo del producto final, este es el caso de añadir urea y otras fuentes de nitrógeno no proteico como por ejemplo excretas de animales y subproductos agrícolas.

El uso de algunos productos agregados al forraje al momento de su descarga en el silo, constituye una alternativa para conseguir mejorar las condiciones de fermentación y conservación, particularmente para aquellos que presentan condiciones difíciles para el ensilaje. Forrajes con bajos contenidos de carbohidratos solubles no logran bajar suficientemente el pH de la masa ensilada para prevenir la acción de bacterias indeseables. En esto también influye la humedad del material.

Las condiciones de pH requeridas para evitar el desarrollo y acción de *Clostridium* es menor en la medida que el contenido de agua en el material es más alto; en consecuencia, es conveniente que la concentración de carbohidratos solubles en estos casos sea alta. Una deficiencia en este sentido puede corregirse, en parte, a través del uso de aditivos.

Para el fin señalado, existe una amplia gama de compuestos, entre los que se cuentan los siguientes:

- Sustratos hidrocarbonados fermentables (almidón, azúcares).
- Preservantes químicos (ácidos orgánicos e inorgánicos, sales).
- Antibióticos y esterilizantes.
- Cultivos microbianos.
- Preparados enzimáticos.
- Compuestos para prevención de oxidación excesiva.
- Compuestos para prolongar resistencia de ensilajes abiertos o descomposición aeróbica.
- Aditivos para aumentar el porcentaje de materia seca del ensilaje.

De entre todos los anotados, los mayores resultados se han obtenido con aquellos que aportan carbohidratos fermentables, tales como la melaza, suero de leche, granos, etc., o con compuestos destinados ya sea a acidificar la masa ensilada como el ácido fórmico o a inhibir la acción microbiana como la formalina y el metabisulfito de sodio.

La melaza, es uno de los aditivos más importantes y económicos. Cuando la humedad de la cosecha es mayor del 75% se acostumbra adicionar entre 20 y 50 kg

por cada 1000 kg de ensilaje; o se puede bajar la cantidad de melaza a 5 y 10 Kg. y adicionar 50 a 100 Kg. de grano por cada 1000 Kg. de material ensilado. Igualmente, cuando el contenido de carbohidratos soluble es bajo como en el caso de las gramíneas o leguminosas jóvenes, se pueden utilizar de 10 a 15 Kg. de melaza, más 50 a 100 kg. de granos, por cada 1000 Kg. de material ensilado. El exceso de melaza no es perjudicial pero es antieconómico.

Los preservantes tendientes a restringir la fermentación y bajar rápidamente el pH hasta un valor de 4.0, se utilizan poco debido al costo de los mismos y al difícil manipuleo que implican. El metabisulfito de sodio (Pyrosal), se usa con este fin; la cantidad que se aplica puede estar entre 3,5 y 4 kg por cada 1000 kg de material ensilado.

Los ácidos clorhídricos y sulfúricos, diluidos al 10% y mezclados, se utilizan para crear artificialmente un medio extraordinariamente ácido (pH entre 3,5 y 4,0), en el cual solo puede vivir el fermento láctico. El uso de la mezcla de estos ácidos está patentado y se conoce como el método AIV y fue inventado por el Finlandés A. I. Virtanem.

E. FORRAJES QUE SE PUEDEN ENSILAR

En general se puede afirmar que cualquier forraje se puede ensilar; sin embargo, se prefieren los de alto rendimiento por unidad de superficie y fácil recolección. La composición química de las plantas que se usan determina la calidad de ensilaje que se obtiene; conviene por tanto utilizar plantas que estén en su estado óptimo; generalmente es en la prefloración para el caso de forrajes y cuando los granos estén en estado lechoso para el caso de avena, maíz y sorgo.

Para la preservación de los forrajes en forma adecuada, el material vegetal debe contener suficientes carbohidratos disponibles para que se pueda efectuar la fermentación y normal producción de ácido láctico. Un contenido bajo de proteínas en el forraje, también favorece la fermentación y preservación adecuadas; por esta razón no son tan convenientes para el bioensilado las leguminosas.

El maíz que contiene cantidades relativamente grandes de energía o carbohidratos disponibles, que es bajo en proteínas, es un cultivo ideal para ensilar. En cambio las leguminosas son bajas en carbohidratos disponibles y altas en proteínas; en esas condiciones se necesita una mayor cantidad de ácido láctico para alcanzar el pH deseado. <http://www.engormix.com> (2013).

F. FABRICACIÓN DE ENSILAJES

La fabricación de un ensilaje es sin duda, un proceso complejo. Muchos son los factores que pueden influir de manera positiva o negativa y en los cuales la acción del hombre juega un papel significativo. De hecho se puede afirmar que en este proceso se resume la aplicación de todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos y que el éxito o el fracaso de la conservación se decide en la forma de elaborar el ensilaje.

Los equipos necesarios para realizar un ensilaje son:

- Máquina de corte de forraje
- Transportes hacia el silo
- Implementos para la compactación
- Equipos para la extracción de los ensilajes

1. Ventajas del bioensilaje

- Mantiene al alimento bajo la forma succulenta.
- No hay pérdida por deshoje, deslave o decoloración.
- No hay desperdicio en la alimentación, todo es consumido.
- Se puede incluso aprovechar las malas hierbas.
- Se puede ensilar bajo cualquier condición de clima.
- Permite la pronta reutilización de la tierra para obtener doubles cosechas.
- Menor peligro de incendios como con los henos u otros cultivos secos.

- El ensilado conserva claramente mejor el valor energético, proteico y los carotenos que el forraje seco.
- Se conserva mayor cantidad de principios nutritivos para la alimentación de los animales, por un mayor período de tiempo.
- Se elimina en parte la utilización de alimentos complementarios, especialmente alimentos concentrados ricos en proteínas.
- El alimento que se obtiene mediante el ensilado es de mayor calidad que el de otros métodos de conservación.
- En ensilaje se puede tener almacenado con mínimas pérdidas de nutrientes mientras que por ejemplo el heno, a los dos años habrá perdido la mayor parte de sus riquezas de vitamina A principalmente.
- La planta a ensilar se puede cosechar cuando está en su máxima producción y calidad nutritiva. <https://www.engormix.com> (2013).

2. Desventajas del ensilaje

- Se requiere mayor mano de obra.
- Se necesita equipo para la producción de ensilado.
- No es muy adecuado para uso intermitente.
- Existe el riesgo de perder el forraje cuando el ensilaje no sale bien. Watson, s. y Smith, A. (1995).

3. Pérdidas en los bioensilajes

Es factible agrupar las pérdidas que ocurren en los ensilajes en términos de materia seca y valor nutritivo. A su vez estas también se dividen en evitables e inevitables, según sea su naturaleza. Las primeras revisten mayor importancia no solo por la magnitud con que pueden producirse, sino también porque en ellas incide más el sistema tecnológico empleado.

En el caso de los forrajes conservados como ensilajes existe la importante particularidad de que el productor no sabe la magnitud de las pérdidas hasta que

no comienza a utilizarlos, dado el carácter hermético que lleva implícito el proceso Alvarez, R. (1981).

a. Pérdidas de oxidación

Una vez ingresado el material al silo, la presencia de oxígeno resultará en pérdidas de oxidación por los siguientes conceptos: respiración a base del oxígeno atrapado en la masa; descomposición del material por ingreso del aire, lo que ocurre principalmente en las orillas y superficie del silo; y acción del aire sobre el ensilaje expuesto después de abrirlo.

Así mismo al abrir los silos, su exposición al aire durante periodos prolongados origina generalmente actividad bacteriana y de levaduras, seguida por el desarrollo de hongos, provocando la oxidación de carbohidratos solubles y ácido láctico, y determinando los aminoácidos.

Entre las pérdidas oxidativas, la descomposición del material por entrada de aire en los contornos del silo es cuantitativamente la más importante en la mayoría de los casos. La adecuada compactación y su relación con el diseño del silo, junto con un sellado adecuado de este, son medidas que permitirían reducir a un mínimo las pérdidas por este concepto.

b. Pérdidas fermentativas

En este caso la cuantía de las pérdidas fermentativas es variable, dependiendo de los nutrientes fermentados y los microorganismos involucrados en ello la transformación de azúcares en ácidos por bacterias del ácido láctico se manifiesta en pérdidas de materia seca fermentada que fluctúan entre 0 y 33%, en tanto que la participación de *Clostridium* y levaduras redunda en pérdidas notoriamente más altas, debido a la marcada producción de hidrógeno, etanol, anhídrido carbónico, sumado a la desaminación y descarboxilación a aminoácidos por *Clostridium*. Las pérdidas de energía son, en cambio considerablemente menores que las de materia seca, en

razón a que el valor energético de los productos derivados de la fermentación es mayor que el de los sustratos. Bugstaller, A. (1981).

c. Pérdidas por lixiviación

Las pérdidas registradas por eliminación de líquido dependerán principalmente del contenido de humedad del forraje ensilado, influyendo además el grado de compactación, tipo de silo y pre - tratamiento.

Entre la cosecha del forraje y su utilización como ensilaje ocurren pérdidas inevitables, las que son particularmente variables dependiendo de diversos factores.

d. Pérdidas de campo

Corresponden al forraje cortado y que queda en el potrero, a las que se suman otras inherentes al marchitamiento del forraje cuando se procede a reducir el contenido de humedad antes de ensilar. Dicho de otra manera, al cosechar mecánicamente la pradera, pequeñas cantidades de forraje pueden quedar en el suelo, lo que sumado al residuo en pie de las plantas cortadas podría denominarse "Pérdidas de Campo", las que usualmente contribuyen poco a las pérdidas totales de los ensilados. <http://www.engormix.com>. (2013).

4. Manejo de los bioensilajes

Se enfoca cuatro importantes prácticas de manejo de ensilajes estas son:

- Alcanzar una alta densidad de ensilaje.
- Sellado eficiente.
- Adecuado manejo de la cara de apertura del silo para la alimentación.
- Descarte del ensilaje averiado.

5. Observaciones del bioensilaje

Los principios generales del proceso del ensilaje se conocen bastante bien. El proceso del ensilaje está regulado principalmente por la interacción de tres factores: (1), las bacterias que haya en el material vegetal; (2), el aire que quede atrapado o que penetre en la masa almacenada; y (3), la composición del material vegetal colocado en el silo. Estos tres factores están relacionados entre sí. Es difícil separar la importancia de cualquiera de ellos de la que tienen los demás y, por tanto, no siempre se puede predecir cuál será el resultado final del proceso del ensilaje.

a. Condiciones ideales

Las bacterias que existen en las plantas, en el momento de la recolección, son principalmente aerobias. El número de estas bacterias, así como el de las bacterias facultativas, crece, y su actividad contribuye al agotamiento del oxígeno de la masa de ensilaje. En este proceso consumen parte de los hidratos de carbono disponibles, con producción de calor y CO₂. Aparte de la acción de las bacterias, la propia planta continúa respirando, realizando la misma función que las bacterias. Es difícil separar los efectos de la actividad de estos dos procesos enzimáticos, el bacteriano y el de la planta ensilada. Al terminar un periodo de transición de cuatro a cinco horas, prevalecen condiciones anaerobias, que permiten que aumente el número de bacterias productoras de ácido láctico.

A pesar de que las bacterias productoras de ácido láctico pueden estar originalmente en tan pequeño número que sea difícil aislarlas, siempre existe un número suficiente para poder producir un buen ensilaje, bajo condiciones favorables.

En las condiciones de la práctica, es frecuente agregar al forraje alimentos ricos en hidratos de carbono utilizables, la acción de las bacterias productoras de ácido láctico sobre los hidratos de carbono fácilmente utilizables, produce ácidos orgánicos, H₂O, CO₂ y calor. Su principal función es producir ácido láctico, pero

también producen otros ácidos orgánicos, como el acético, el propiónico y el succínico. El contenido de ácido láctico puede llegar hasta un 8 a 9% de la materia seca. La producción de ácidos acidifica el material, reduciendo el pH a 4.5 o menos. Este pH bajo, inhibe el nuevo desarrollo de bacterias y las acciones enzimáticas, y conserva el ensilaje.

Cuando se ha dejado marchitar el forraje, reduciendo así el contenido de agua de las plantas, es menos intensa la fermentación y hay menos pérdidas de principios nutritivos. Desde luego, es necesaria el agua. Actúa como sustrato para las bacterias, y contribuye, por su peso, a una buena compresión para la exclusión del aire de la masa del ensilaje.

El corte del forraje en trozos pequeños, permite una mejor compactación y, por tanto, reduce la cantidad de aire que queda en la masa del ensilaje. Según indican datos recientes, la laceración contribuye sustancialmente al proceso del ensilaje, e influye en la calidad del producto obtenido. Se cree que la laceración puede detener la respiración de los tejidos de las plantas y hacer que los constituyentes del jugo celular sean utilizados más rápidamente, como sustrato para las bacterias. También puede ser afectada la presión osmótica del sustrato.

b. Factores que influyen en la calidad del ensilaje

Se puede obtener cualquier calidad de ensilaje que se desee, con sólo hacer variar el grado en que se excluya el aire de la masa. Si queda en la masa un exceso de aire o se permite que entre aire en ella posteriormente, aumenta el número de bacterias aerobias, que utilizan una gran parte de los hidratos de carbono fácilmente aprovechables.

Como el ácido láctico se descompone probablemente con mucha rapidez, a medida que lo van formando las bacterias que lo producen, y no llega a alcanzar una concentración adecuada, el pH de la masa no llega a ser lo suficiente bajo, para proporcionar una protección satisfactoria. Esto da oportunidad a las bacterias anaerobias de la putrefacción para actuar sobre las proteínas y los aminoácidos

de la masa ensilada. Como consecuencia, se producen, amoníaco, ácidos grasos volátiles, ácido sulfhídrico, y otros compuestos de fuerte olor desagradable. Esto hace que el ensilaje obtenido sea de calidad mediocre.

Parece indudable que la dirección del proceso de la fermentación del ensilaje puede quedar determinada, en las primeras 24 a 48 horas, por el grado en que se excluya el aire. Si quedan presas en la masa grandes cantidades de aire, penetra aire gradualmente en ella, durante el periodo de almacenamiento, el ácido láctico se transformará en ácido butírico, con aumento de la magnitud del pH y la producción de un ensilaje de mala calidad.

Si el material vegetal original no contiene una cantidad suficiente de hidratos de carbono fácilmente utilizables, para producir bastante ácido láctico, es probable que el ensilaje resultante sea de mala calidad. Además, se necesita más ácido láctico para lograr un valor dado del pH, cuando las plantas, o sus jugos, contienen elementos minerales que dificultan la variación del pH, que cuando dichos elementos se encuentran en cantidades más pequeñas. <http://www.engormix.com> (2013).

6. Aplicaciones del ensilaje en el ganado

El ensilado constituye un excelente alimento, pero se debe tomar precauciones, para lo cual se deben hacer pruebas de campo de consumo con los animales y recurrir al laboratorio, para lo cual las muestras deberán tomarse cuando los procesos biológicos han terminado.

En vacas de leche es lo más utilizado de los ensilados, pero se debe tomar en cuenta que la vaca debe ingerirlo al menos 6 horas antes del ordeño, para evitar la transmisión de olores desagradables a la leche.

Las cantidades a distribuir por día, son estas:

- Para vacas lecheras: 25 a 30 Kg.

- Para terneros de engorde: 5 a 6 Kg. por 100 Kg. de peso. La máxima ración no debe ser alcanzada antes de los 12 meses de edad.
- Corderos: Aceptan fácilmente de 2 a 4 Kg. (adultos).
- Cerdos: no siempre lo aceptan bien, se lo debe mezclar con otros alimentos, en cantidades de 1.5 a 2.5 Kg.
- Conejos: pueden consumir desde 200 a 300 g de ensilado por día.

La calidad de la leche, al igual que la producción, es sensible a los cambios de la nutrición de la vaca. El contenido en sólidos no grasos de la leche, y en especial la fracción proteica, es un conocido indicador del nivel de nutrición energética de la vaca. La técnica del ensilaje se ajusta mejor a regiones templadas con estaciones bien definidas que a las regiones tropicales siempre verdes. No obstante, el uso del ensilaje ha comenzado a responder a los intereses de los pequeños productores lecheros en Malasia. Una ventaja de la técnica del ensilaje es estar menos condicionada a las condiciones climáticas que la henificación.

Los campesinos progresistas han aumentado el tamaño de sus hatos y saben que para tener éxito se requiere suministrar una alimentación de calidad. El buen manejo animal es cada vez más una inversión financiera y no una forma de subsistencia, por lo que los productores requieren la seguridad de un acceso seguro a una buena alimentación para sus animales. El ensilaje les ofrece la posibilidad de asegurar alimentos durante épocas de alta producción para conservarlos para su empleo futuro, especialmente en períodos de escasez. El ensilaje puede ser conservado por meses y aún por años y puede ser usado en cualquier momento, especialmente durante períodos de sequía <http://www.fonsalprodese.org>. (2013).

En cambio, muchos forrajes tropicales y subproductos agrícolas generalmente tienen un valor nutritivo de baja calidad y si bien es posible ensilarlos, el su escaso contenido en energía digestible no permite mantener las exigencias de animales de alta productividad. Es preciso buscar nuevos métodos de ensilaje. <http://www.fao.com>. (2013).

G. REQUERIMIENTOS Y CUIDADOS NUTRICIONALES DE LA VACA LECHERA

Hazard, S. (2010), manifiesta que el manejo alimenticio de las vacas lecheras es uno de los factores que tiene mayor incidencia en la producción de leche. Esto se hace más importante si se considera que el costo alimenticio incide por lo menos en un 50% del costo total del litro de leche. Por otra parte, una buena alimentación permite una mejoría en la producción de leche, sanidad y reproducción del ganado lechero.

Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutritivos. Estos varían de acuerdo al peso vivo, nivel de producción y momento de la lactancia que se encuentran los animales. Todos estos aspectos deben ser considerados para formular una ración óptima, en lo que se considera una cierta proporción de forraje y concentrado.

1. Requerimientos nutricionales

Hazard, S. (2010), indica que uno de los aspectos más importante que se debe considerar en la alimentación de las vacas lecheras es que ellas realicen un alto consumo de alimento, de manera de maximizar la producción. Existen una serie de factores que influyen en el consumo voluntario de los rumiantes en general y, de las vacas lecheras en particular. Estos pueden agruparse en:

1. Características propias del animal.
2. Características del alimento que reciben.
3. Efecto del manejo a que están sometidos.
4. Efecto de las condiciones climáticas.

El consumo es importante, ya que a través de él, los animales ingieren los nutrientes que necesitan para vivir, producir, reproducirse, otros. Los principales nutrientes son: energía (es decir, carbohidratos), proteína, minerales, vitaminas, y agua.

a. Energía

Wattiaux, M. (2010), indica que la energía es el componente dietético de mayor importancia después del agua. La energía deriva de los carbohidratos, grasas, proteínas, y de las reservas corporales del animal. La ingesta de energía mantiene las funciones corporales y facilita el crecimiento y desarrollo, incluyendo la reproducción y lactancia. Los pastos y forrajes son bajos en energía, mientras que el maíz, la caña y los tubérculos son ricos en energía.

Suarez, P. (2011), indica que las necesidades energéticas de mantenimiento se determinan de igual forma que en el NRC-1989 ($0,08 \times PV$ 0,75 Mcal ENL/día). Las necesidades de lactación se calculan considerando no sólo el contenido en grasa en la leche, sino también su concentración en proteína y lactosa. Para la mayoría de vacas de raza frisona con un contenido medio en la leche de un 3,5% de grasa y un 3% de proteína verdadera, no hay cambios notables en las necesidades de lactación. Las necesidades de mantenimiento incluyen un incremento de un 10% por actividad física. Este valor sería adecuado para la mayor parte de las vacas en estabulación fija. Sin embargo, para vacas en pastoreo o en estabulación libre es necesario tener en cuenta gastos adicionales para el desplazamiento de los animales hacia el comedero y/o a la sala de ordeño. Estos gastos se establecen en 0,00045 Mcal/kg PV por cada Km. andado. Una vaca de 600 Kg. que anda 2 Km./día necesita un suplemento de 0,54 Mcal/día o bien un incremento de un 5,5% de los gastos de mantenimiento.

A diferencia del NRC-1989, donde los gastos de gestación se fijaban en un 30% de los de mantenimiento, en el NRC-2001 se expresan en función de la duración de ésta. Por debajo de 290 días de gestación, no se considera que sean significativos. Entre 190 y 279 días de gestación, las necesidades de gestación de una vaca frisona estándar aumentan desde 2,5 hasta 3,7 Mcal/día, respectivamente. Por encima de los 279 días las necesidades de gestación permanecen constantes

b. Proteína

La proteína Cruda (PC), es calculada en base al contenido de nitrógeno del forraje. El valor de PC es importante ya que la proteína contribuye energía, y provee aminoácidos esenciales tanto para los microbios del rumen como para el animal. A mayor proteína que proviene del forraje, se necesita menor cantidad de suplemento. (Wattiaux, M. 2010),

El valor energético de un forraje es determinado de mejor manera basado en su madurez, densidad, y disponibilidad. La proteína en forrajes está mayormente relacionada a la madurez del forraje, ya que forrajes más maduros tienen un menor porcentaje de proteína cruda.

Guevara, P. (2000), dice que el ganado requiere dos tipos de proteína en su dieta. Un tipo es degradado en el rumen y es usado para cumplir con los requerimientos de la población microbiana, y el otro se salta el rumen y es usado principalmente para cumplir con los requerimientos nutritivos del animal. Cuando la proteína es degradada en el rumen, se denomina proteína degradable en el rumen. La proteína degradable en el rumen es esencialmente alimento para bacterias presentes en el rumen. Cuando los microbios mueren, pasan a través del estómago e intestino delgado donde son digeridos por el animal. La proteína microbiana resultante es entonces absorbida por el torrente sanguíneo del animal. Parte de la proteína presente en la dieta no es sometida a degradación en el rumen, y pasa directamente hacia el abomaso o estómago para ser digerida. Cuando la proteína escapa de la degradación ruminal y pasa al estómago, se le denomina proteína no degradable en el rumen o proteína.

Guevara, P. (2000), manifiesta que las necesidades de proteína de los animales se expresan en unidades de proteína metabolizable (PM), y se determinan de forma factorial como la suma de las necesidades de mantenimiento, lactación, gestación y crecimiento. Las necesidades de PM de mantenimiento incluyen excreciones urinarias, proteína metabólica fecal, proteína endógena, crecimiento del peso y descamación de la piel.

Suarez, P. (2011), indica que el modelo de computación del NRC-2001 predice las concentraciones de aminoácidos esenciales en la PM. Sin embargo, el comité consideró que los conocimientos actuales son insuficientes para establecer unas recomendaciones de aminoácidos para vacas de leche. No obstante el modelo indica que la máxima eficacia de la PM para mantenimiento y lactación se encuentran cuando las concentraciones de lisina y metionina son de un 7,2 y un 2,4% de la PM, respectivamente, o bien cuando la relación entre ambas es de 3 a 1.

c. Minerales

Cuando existe información disponible las necesidades de minerales se han calculado por el método factorial (mantenimiento, lactación, gestación y crecimiento). La suma de todas estas necesidades permite calcular las necesidades verdaderas y expresarlas como necesidades de minerales realmente absorbidos. En el NRC-1989, las necesidades verdaderas de cada mineral se dividían por un coeficiente medio de disponibilidad de ese mineral en todos los alimentos para calcular sus necesidades diarias. (Suarez, P. 2011),

En el NRC-2001 se usa la misma aproximación, con la excepción de que a cada elemento individual se le asigna un coeficiente de disponibilidad para cada mineral, de forma que la contribución de cada uno de los alimentos de la dieta a las necesidades verdaderas se calcula por ordenador. Al considerar independientemente la disponibilidad real de cada mineral de cada alimento de una dieta, las necesidades pueden cubrirse de una forma más precisa, mejorando el manejo de los nutrientes y reduciendo la acumulación de exceso de minerales en las granjas.

Suarez, P. (2011), manifiesta que las diferencias en las necesidades de minerales absorbidos entre el NRC-1989 y el NRC-2001 son relativamente pequeñas en la mayor parte de los casos, aunque existen algunos cambios notables en las necesidades de microminerales como consecuencia del diferente método de cálculo utilizado y de la existencia de información reciente sobre la disponibilidad

de algunos minerales traza en los alimentos. El cuadro 5 muestra un resumen de los cambios en las necesidades de minerales de vacas de leche desde el NRC-1989 al NRC-2001. Las concentraciones necesarias de minerales en la dieta para cubrir estas necesidades dependerán del tipo de alimentos utilizados.

d. Vitaminas

Las necesidades de vacas de leche en vitaminas liposolubles son:

Vitamina A, UI/d = $110 \times \text{PV, kg}$

Vitamina D, UI/d = $30 \times \text{PV, kg}$

Vitamina E, UI/d = $0,8 \times \text{PV, kg}$

No se han encontrado nuevos datos para establecer recomendaciones de otras vitaminas.

2. Sistemas de alimentación

Campabadal, C. y Navarro, H. (2007), indica que una vez que las vacas terminaron el período de transición, la alimentación de estos animales dependerá de la producción de leche y de su condición corporal. Existen variaciones en la subdivisión por etapas que se puede tener durante todo el período de lactación. Basado en el criterio de que una vaca tiene una lactación de 305 días, la divide en tres etapas: inicio de lactancia (21 a 150 días), mitad de la lactación (150 a 210), y final de la lactación (210-305). Sin embargo, lo óptimo en estas etapas es tratar que las vacas reciban los nutrimentos necesarios para obtener una máxima producción de leche.

a. Inicio de Lactación

Este periodo empieza entre los 21 a 30 días posparto y su alimentación también es crítica, pues en esta etapa es donde se alcanzan dos parámetros muy importantes para la futura producción de leche, el pico de la lactación el máximo

consumo de materia seca. Un inicio eficiente tiene un efecto importante sobre el pico de lactación (50-70 días), y la futura persistencia en la producción de leche y permite al animal desarrollar el potencial genético para producir leche. Como regla general se establece que por cada Kg. Adicional que se logre en el pico de producción, la vaca producirá de 200 a 250Kg más de leche durante esa lactación. Uno de los problemas más serios que se observan en las lecherías, es la variabilidad en el tiempo para alcanzar el pico de producción. Muchas veces el ganadero cree que la vaca logró el pico en un determinado tiempo y de uno a dos meses después la vaca produce niveles aún más altos de leche. El problema se debe a una alimentación subóptima en el período preparto y posparto, a problemas metabólicos a una condición corporal no adecuada y a un pobre incremento en el consumo de materia seca. (Campabadal, C. y Navarro, H. 2007).

b. Periodo medio de la lactación

Este período comprende del día 150 al 210 de la lactación. En general, todos los criterios de alimentación que se presentaron para la etapa de inicio de la lactación, se aplican a este período. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la vaca está en una etapa de disminución de la producción de leche, por lo que se deben hacer los ajustes necesarios en la cantidad que se va a suministrar de alimento balanceado para evitar engordar a las vacas, recomiendan una condición corporal de 3 para este período. También es importante tener presente, que todas las vacas en esta etapa deberán estar preñadas. (Campabadal, C. y Navarro, H. 2007).

c. Final de la lactación

El final de la lactación comprende del día 210 al 305, en el cual las vacas deben ser secados. Sin embargo, por problemas reproductivos, especialmente por un número de días abiertos mayor de 100 que se presenta en la mayoría de las lecherías, este periodo normalmente dura uno a dos meses más. En esta etapa la práctica más importante a considerar es la regulación de la condición corporal, mediante el uso regulado del alimento balanceado, recomiendan que las vacas

empiecen esta etapa con una condición de 3 y la terminen al momento de secarse de 3+ a 4-. Vacas con una condición mayor de 4 presentará problemas metabólicos en la siguiente lactación, con un efecto negativo sobre la producción de leche, salud de la vaca y eficiencia reproductiva. En el caso contrario, condiciones de menos de 3, también afectarán los futuros rendimientos productivos. (Campabadal, C. y Navarro, H. 2007).

H. RESIDUOS DE COSECHA DE MAIZ

1. Caña verde de maíz

Manterola, B. (2011), manifiesta que se cosecha toda la planta, que se produce para alimento de ganado utilizándose el tallo, las hojas, etc. Se puede cosechar verde para alimento de ganado en forraje verde, o se puede deshidratar para su comercialización en seco, a granel o achicalado, es decir, en pacas; otra forma es el ensilado, el cual consiste en una técnica en la que el Maíz u otros tipos de forrajes se almacenan en un lugar o construcción (silo), con el fin de que se produzcan fermentaciones anaerobias, hay varios tipos: silos de campo, silos en depósito, silos en plástico y silos en torre. El valor nutritivo del ensilaje destaca por su valor energético tanto en proteínas como sales minerales, el contenido en materia seca del Maíz ensilado se consigue con un forraje bien conservado.

El momento oportuno para ensilar es cuando se encuentra en etapa de grano a 2/3 de masa y 1/3 de leche o bien cuando el contenido de humedad general de la planta es del 70%, lo cual se presenta entre los 110 y 130 días después de la siembra, en función del ciclo vegetativo de la variedad utilizada (precoz, intermedia o tardía), la realización del corte para ensilar antes o después de esta etapa genera problemas al momento del ensilado que disminuyen la calidad del silo, actualmente hay Maíz molido, al que se adicionan nutrientes para alimentación integral del ganado.

2. Rastrojo de maíz

Manterola, B. (2011), indica que el rastrojo de maíz puede ser pastoreado directamente por vacas lecheras siempre que éstas estén secas o tengan producciones inferiores a 15 litros diarios. Al ser cosechado, debe ofrecerse picado a fin de disminuir los rechazos. En este caso, puede incluirse en niveles de 20-30% en raciones de vacas lecheras que produzcan 18-20 litros por día, teniendo la ventaja de aportar la fibra necesaria para el funcionamiento del rumen y mantención de la materia grasa de la leche, especialmente cuando las vacas reciben cantidades altas de concentrado. En vacas que pastorean praderas de alfalfa, es conveniente hacerlas consumir este recurso antes de su acceso a la pradera a fin de evitar problemas de meteorismo. Las vaquillas de reemplazo pueden pastorear directamente el rastrojo, obteniéndose ganancias de 400-500 gramos diarios. Durante el período invernal el rastrojo picado puede incluirse en niveles de 30 - 50%, dependiendo de las ganancias de peso que se desee obtener.

La composición química indica que el rastrojo de maíz es bajo en materias nitrogenadas (4,5% de proteína bruta promedio). La pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa. Su bajo porcentaje de lignina lo hace ser más digestible que las pajas de cereales, siendo así mismo más rico en azúcares solubles que éstas. Por esta razón este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1,69 y 2,1 Mcal/kg de materia seca.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se realizó en el Programa de Producción de bovinos de leche de la Estación Experimental Tunshi, y en el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, en el Km 1 ½ Panamericana Sur de la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo. El trabajo experimental de campo dividido en tres etapas, tuvo una duración de 120 días. Las condiciones meteorológicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, se reporta en el cuadro 1.

Cuadro 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS – ESPOCH.

| PARÁMETROS | VALORES PROMEDIO |
|---------------------|------------------|
| Temperatura, °C | 15,0 |
| Altitud, msnm | 2750,0 |
| Humedad relativa, % | 60,0 |

Fuente: Estación Agrometeorológica, Facultad de Recursos Naturales, ESPOCH, (2013).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó 20 vacas mestizas Holstein alta cruza, previamente seleccionadas mediante registros y en periodo de lactancia. Cada semoviente representó una unidad experimental.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

Los materiales de campo y equipos de laboratorio que se utilizaron en la presente investigación fueron los siguientes:

1. De campo

- Picadora de pastos.
- Sogas.
- Fundas plásticas para muestreo.
- Registro de datos.
- Libreta de campo.
- Peachímetro.
- Jeringas.
- Balanza.
- Machete.
- Tinas plásticas.
- Baldes.
- Tanques de 200 lt de capacidad.
- Rótulos.
- Cámara fotográfica.

2. Equipos de laboratorio

- Equipo de Macro Kjeldahl.
- Estufa.
- Mufla.
- Balanza analítica.
- Crisoles.
- Bomba de vacío.
- Vidriería de laboratorio.
- Refrigerador.
- Microscopio.
- Cuenta colonias.
- Reactivos necesarios.
- Medios de cultivo.
- Otros.

3. Instalaciones

- Programa de Bovinos de leche de la Estación Experimental Tunshi.
- Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente estudio se realizó la prueba biológica de tres tipos de bioensilaje a partir de residuos de maíz y un tratamiento testigo (Forraje + Ensilado residuos de maíz), en vacas en producción de leche. En la elaboración de bioensilaje se distingue una primera fase de pre fermento y una fase final de mezcla y ensilado. La prueba de producción de leche se efectuó bajo un Diseño en Bloques completamente al azar, tomando en consideración 4 tratamientos y 5 repeticiones para cada uno de ellos, y se ajustó al siguiente modelo lineal aditivo.

$$Y = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y= Valor del parámetro en determinación

μ = Media general

T_i = Efecto de los tratamientos experimentales

B_j = Efecto de los bloques

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

El muestreo para los análisis de laboratorio correspondientes fue realizado completamente al azar siguiendo normas de bioseguridad y técnicas estándares de campo y laboratorio, como se muestra en el cuadro 2, 3, 4.

Cuadro 2. DOSIFICACIÓN DE INGREDIENTES PARA EL PREPARADO MICROBIANO (PREFERMENTADO INICIAL).

| Pre fermento | Agua | Urea | Melaza | Sal mineral | Suero de leche | Estiércol Bovino |
|--------------|------|------|--------|-------------|----------------|------------------|
| SL | 45% | 1% | 20%. | 1% | 33% | |
| EB | 45% | 1% | 20%. | 1% | | 33% |
| SLEB | 45% | 1% | 20%. | 1% | 16,5% | 16,5% |

Fuente: Cardoso, F. (2013).

Cuadro 3. COMBINACION PARA EL ENSILADO.

| Componente | Bioensilaje | | | Bioensilaje |
|------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|
| | 1 | Bioensilaje 2 | Bioensilaje 3 | 4 |
| Pre fermento | - | SL | EB | SLEB |
| Rastrojo de maíz | + | + | + | + |

Fuente: Cardoso, F. (2013).

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

| Tratamiento | Código | T.U.E | Repeticiones | Total Animales/Tratamiento |
|------------------------------------|----------|-------|--------------|----------------------------|
| T0 | F+EM | 1 | 5 | 5 |
| T1 | F+EMSL | 1 | 5 | 5 |
| T2 | F+EMEB | 1 | 5 | 5 |
| T3 | F+EMSLEB | 1 | 5 | 5 |
| Total Vacas lecheras en Producción | | | | 20 |

Fuente: Cardoso, F. (2013).

Referencias:

F+EM: Forraje + ensilado rastrojo de maíz (tratamiento control).
 F+EMSL: Forraje + ensilado rastrojo de maíz con suero de leche.
 F+EMEB: Forraje + ensilado rastrojo de maíz con estiércol de bovino.
 F+EMSLEB: Forraje + ensilado rastrojo maíz con suero leche y estiércol bovino.
 TUE: Tamaño de la unidad experimental (1 vaca lechera en producción).

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las variables experimentales que se midieron en cada una de las fases fueron las siguientes:

1. Fase I Evaluación del pre fermento

a. Caracterización físico – química del pre fermento

- pH.
- Ácidos grasos volátiles, % (Propiónico, Butírico).
- Ácido Láctico, %.
- Temperatura.
- Cociente total de Sacarosa (°Brix).
- Densidad óptica por espectrofotometría.

b. Caracterización microbiológicos del pre fermento

- Hongos mesófilos totales.
- Levaduras.
- Aerobios mesófilos totales.
- Bacterias ácido lácticas.
- Coliformes totales.
- Biomasa bacteriana.

2. Fase II Evaluación del ensilaje

a. Caracterización físico – química del ensilaje

- pH.
- Temperatura.
- Ácidos grasos volátiles, % (Acético).
- Ácido Láctico, %.
- Nitrógeno total, proteico y amoniacal al inicio y al final.

b. Bromatológicos del ensilaje y potrero

- Análisis proximal completo al silaje de maíz, y potrero.

3. Fase III Evaluación biológica en vacas lecheras

a. Parámetros productivos

- Peso inicial en Kg.
- Peso final en Kg.
- Consumo de forraje día/Kg/ MS.
- Consumo de ensilaje día/Kg/MS.
- Consumo total de alimento día/Kg MS.
- Consumo de alimento total periodo Kg/MS.
- Producción de leche diaria L/vaca.
- Producción de leche total L/vaca.
- Conversión alimenticia (alimento/leche) kg MS/L.
- Rentabilidad mediante el indicador Beneficio/Costo, USD.

F. ANALISIS ESTADISTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los datos obtenidos serán procesados de acuerdo a los siguientes análisis estadísticos.

- Análisis de la Varianza para las diferencias (ADEVA).
- Prueba de Duncan para la separación de medias con el nivel de significancia $\alpha \leq 0.01$.
- Distribución de frecuencias.

Como se puede observar continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL ANALISIS DE VARIANZA.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad |
|---------------------|--------------------|
| Total | 19 |
| Tratamientos | 3 |
| Repeticiones | 4 |
| Error experimental | 12 |

Fuente: Cardoso, F. (2013).

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. De campo

a. Producción de bioensilaje

Pre fermento: Para la preparación del pre fermento se adquirió de todas las materias primas necesarias, entonces se colocaron en un tanque de 200 litros de capacidad agua más urea, sal mineral, melaza y el bioacelerante (suero de leche, estiércol bovino, suero de leche + estiércol bovino), según los porcentajes indicados en el cuadro 2 del pre fermento inicial, la mezcla se homogenizó bien y se la mantuvo durante 72 a 96 horas a temperatura ambiente de laboratorio (16°C), y tapado hasta que el pH marque un valor menor o igual a 4.5.

Ensilaje: A los tres tipos de prefermento utilizando las tres clases de bioacelerantes en estudio (suero de leche, estiércol bovino y mixto), con un pH de 4,5 se procedió a ensilar añadiendo a estos el rastrojo de maíz previamente picados en trozos de 3-5 cm. en una proporción de 1:3; 1 litro de prefermento con 3 Kg de rastrojo de maíz, posteriormente se colocó en los silos elevados de 1 m x 1 m y se compactó para evitar la presencia de oxígeno, una vez lleno y compacto el silo se procedió al sellado hermético con plástico de polietileno y encima de este se colocó piedras y arena. El proceso de transformación a ensilaje duró aproximadamente 21 días.

b. Prueba biológica con vacas productoras de leche

Una vez listos los Bioensilajes con los tres tipos de bioacelerantes se procedió a realizar la adaptación de los animales al nuevo alimento durante una semana. Los 90 días posteriores se alimentó a las vacas a las 8H00 controlando y registrando la producción diaria de leche, así como los pesos de los animales al inicio y al final, de igual manera las demás variables a estudiar.

c. Programa sanitario

El plan sanitario consistió en un examen coproparasitario completo a los animales al inicio con la finalidad de realizar una desparasitación adecuada.

2. De Laboratorio

Los análisis bromatológicos, físico –químicos y microbiológicos de los bioensilajes se realizaron tanto en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal, como en el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal, para lo cual se recolectó las muestras respectivas, determinándose los parámetros detallados en las mediciones experimentales.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Parámetros Productivos

- Se registró la producción diaria de leche en litros, durante la etapa de la prueba biológica, para determinar el incremento o decremento en la producción.
- Se registró el peso inicial y final de las vacas, para determinar si existe un incremento o decremento del mismo.
- Se suministró el alimento pesado y se registró el sobrante que se presente, para determinar que tratamiento es el más aceptado.
- Se determinó la Conversión alimenticia, para conocer que tratamiento es el mejor asimilado.

- Se determinó el Beneficio /Costo, para conocer si existe rentabilidad económica.
- Se calculó el Costo unitario de producto, para determinar con cuál de los tratamientos el costo de producción es menor y es más eficiente económicamente.

2. Bromatológicos

- Mediante los análisis Bromatológicos se determinó el análisis proximal de cada uno de los Bioensilajes.

3. Microbiológicos

Se realizó los análisis de laboratorio necesarios para determinar la presencia de microorganismos patógenos y benéficos en los diferentes Bioensilajes.

4. Físico – Químicos

Se determinó cada uno de los factores físico-químicos propios de los ensilajes y de existir anomalías se realizó las correcciones respectivas para evitar problemas posteriores en el sistema de alimentación de los animales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERIZACIÓN DE PREFERMENTOS OBTENIDOS A PARTIR DE FUENTES DE MICROORGANISMOS NATIVOS, PARA SU UTILIZACIÓN EN ELABORACIÓN DE BIOENSILAJES.

Dentro de la caracterización de prefermentos obtenidos a partir de fuentes de microorganismos nativos, para su utilización en elaboración de bioensilajes, se evaluaron características físicas – químicas y microbiológicas de los mismos, determinándose comportamientos que varían en función del tipo de pre fermento acorde a la fuente de microorganismos nativos empleada.

1. Caracterización físico – química del pre fermento

En la caracterización física – química del pre fermento, se determinaron los siguientes resultados:

a. Temperatura

La temperatura evaluada durante 96 horas, presenta variaciones que son más o menos comunes en los diferentes prefermentos evaluados, sin embargo existen particularidades en el transcurso del tiempo, ya que el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche presenta una mayor temperatura a las 8 horas alcanzando los 18,7 °C, mientras que los prefermentos a base de Estiércol Bovino y Mixto, presentaron una media de 17,7 °C, descendiendo a 15,20 °C a las 24 horas en todos los tratamientos, finalmente el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche alcanzó una temperatura de 14,6 °C a las 96 horas, resultado la menor temperatura en relación a los otros tratamientos quienes se mantuvieron a una temperatura de 15,0 °C a esta misma hora de evaluación, gráfico 1.

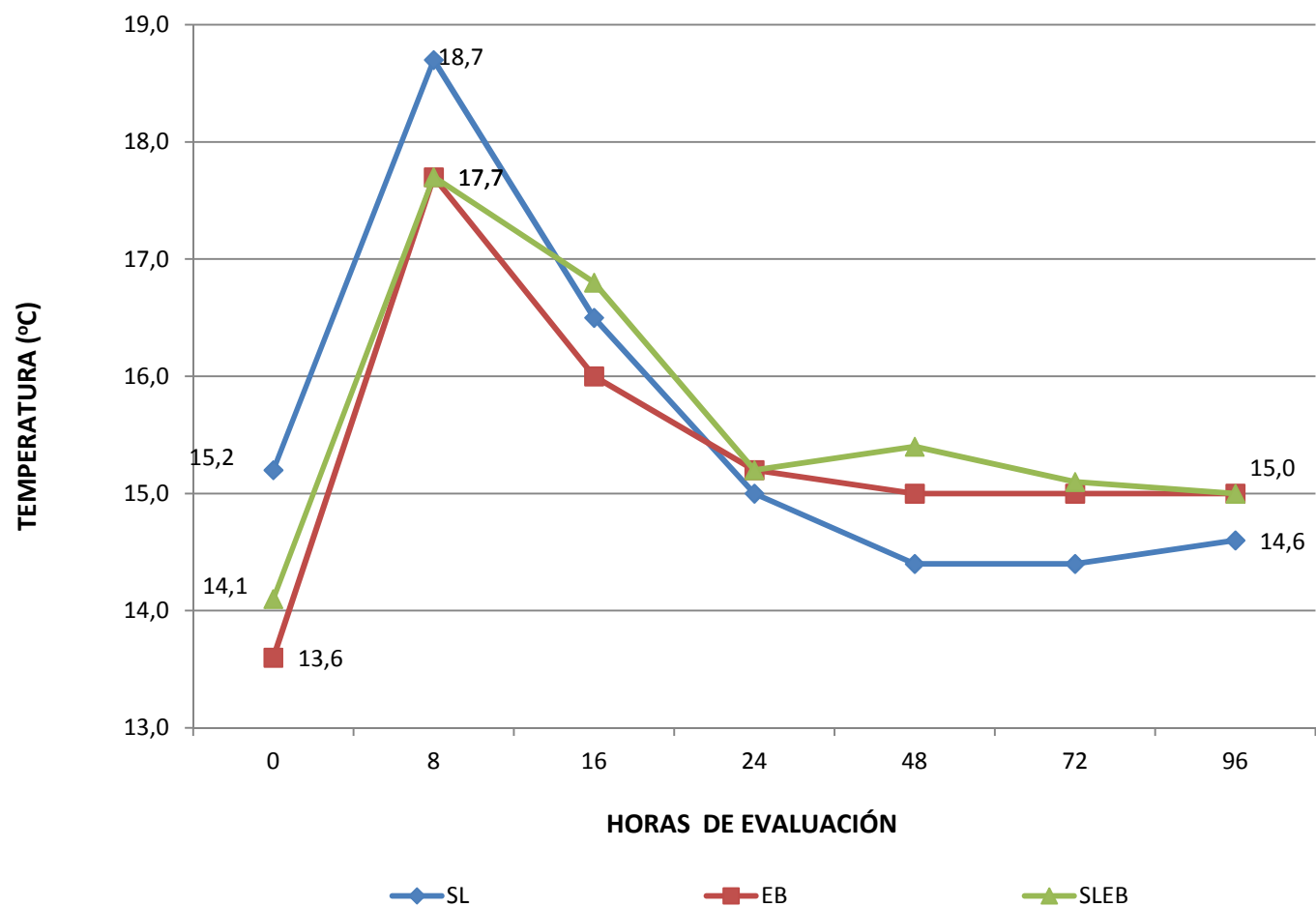


Gráfico 1. Sondeo de la temperatura, en prefermentos elaborados, para su utilización en bioensilajes durante diferentes periodos de tiempo.

b. pH

El pH, evaluado durante 96 horas presentó variaciones considerables desde el inicio de la formulación, determinándose extremos de 9,0 de pH para el pre fermento elaborado a base de Estiércol Bovino, hasta 5,8 de pH para el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche, mientras que el preparado Mixto presento valores de pH relativamente promedio entre estos dos extremos, sin embargo hay que resaltar que el pH en todos los casos, tiende a descender a un rango de 4,7 y 3,9 a las 96 horas de evaluación, gráfico 2.

Los valores de pH obtenidos a las 96 horas en la presente investigación marcan un rango de valores dentro del cual se encuentra el determinado por Martínez, A. (2008), en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, donde determinó que el pH alcanza un valor de 4,20.

c. Ácido láctico

La producción de ácido láctico, presentó diferencias estadísticas en los diferentes tratamientos evaluados ($P < 0.01$), es así que se determinó mayor producción de ácido láctico en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche con un promedio de 0,0880 %, seguido por el valor de ácido láctico identificado en el pre fermento Mixto (Suero de Leche + Estiércol Bovino), con una media de 0,0475 %, finalmente el contenido de ácido láctico determinado en el pre fermento donde se utilizó el Estiércol Bovino con un valor de 0,0300 %, cuadro 6 y gráfico 3. Estos resultados posiblemente se hallen relacionados a que la adición de suero de leche, como fuente microbiana provee un mayor contenido de bacterias ácido lácticas las mismas que favorecen a la producción de este ácido.

d. Ácido propiónico

El contenido de ácido propiónico, registró diferencias estadísticas en los diferentes prefermentos ($P < 0.01$), de esta manera la mayor producción de ácido propiónico fue identificado en el prefermento elaborado a base de Suero de Leche

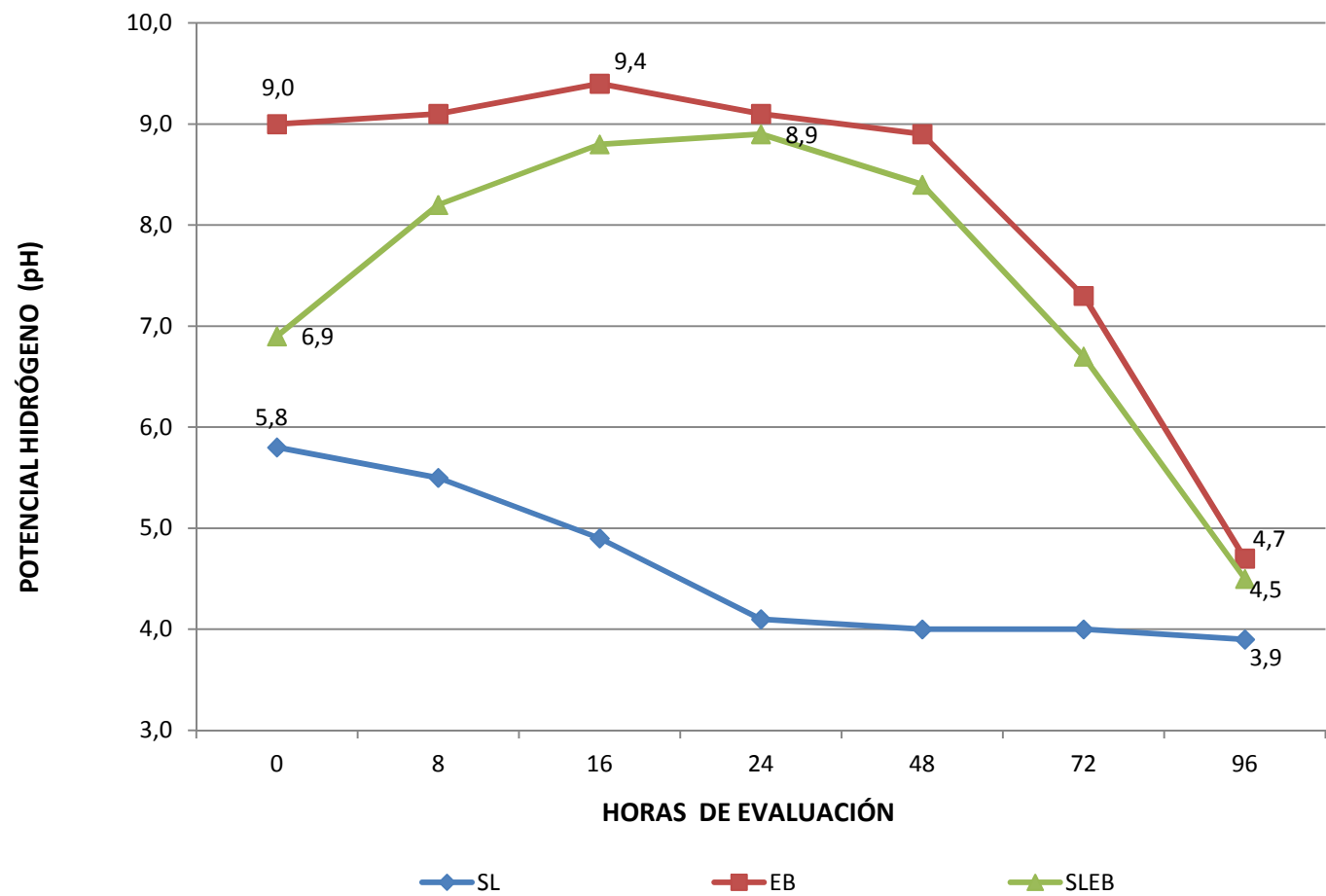


Gráfico 2. Apreciación del pH, en prefermentos elaborados, para su utilización en bioensilajes durante diferentes periodos de tiempo.

Cuadro 6. ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES DETERMINADOS EN PREFERMENTOS OBTENIDOS A PARTIR DE FUENTES DE MICROORGANISMOS NATIVOS, PARA SU UTILIZACIÓN EN ELABORACIÓN DE BIOENSILAJES.

| VARIABLES | TRATAMIENTOS | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|---|--------|---|--------|---|-------|--------|
| | SL | | EB | | SLEB | | X | Prob. |
| Ácido Láctico, (%) | 0,0880 | a | 0,0300 | c | 0,0475 | b | 0,055 | 0,0003 |
| Ácido Propiónico, (%) | 0,0016 | a | 0,0001 | c | 0,0006 | b | 0,001 | 0,0011 |
| Ácido Butírico, (%) | 0,0029 | a | 0,0000 | c | 0,0014 | b | 0,002 | 0,0014 |

Fuente: Cardoso, F. 2013.

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$).

SL: Simbiótico Suero de Leche.

EB: Simbiótico Estiércol Bovino.

SLEB: Simbiótico Suero de Leche y Estiércol Bovino.

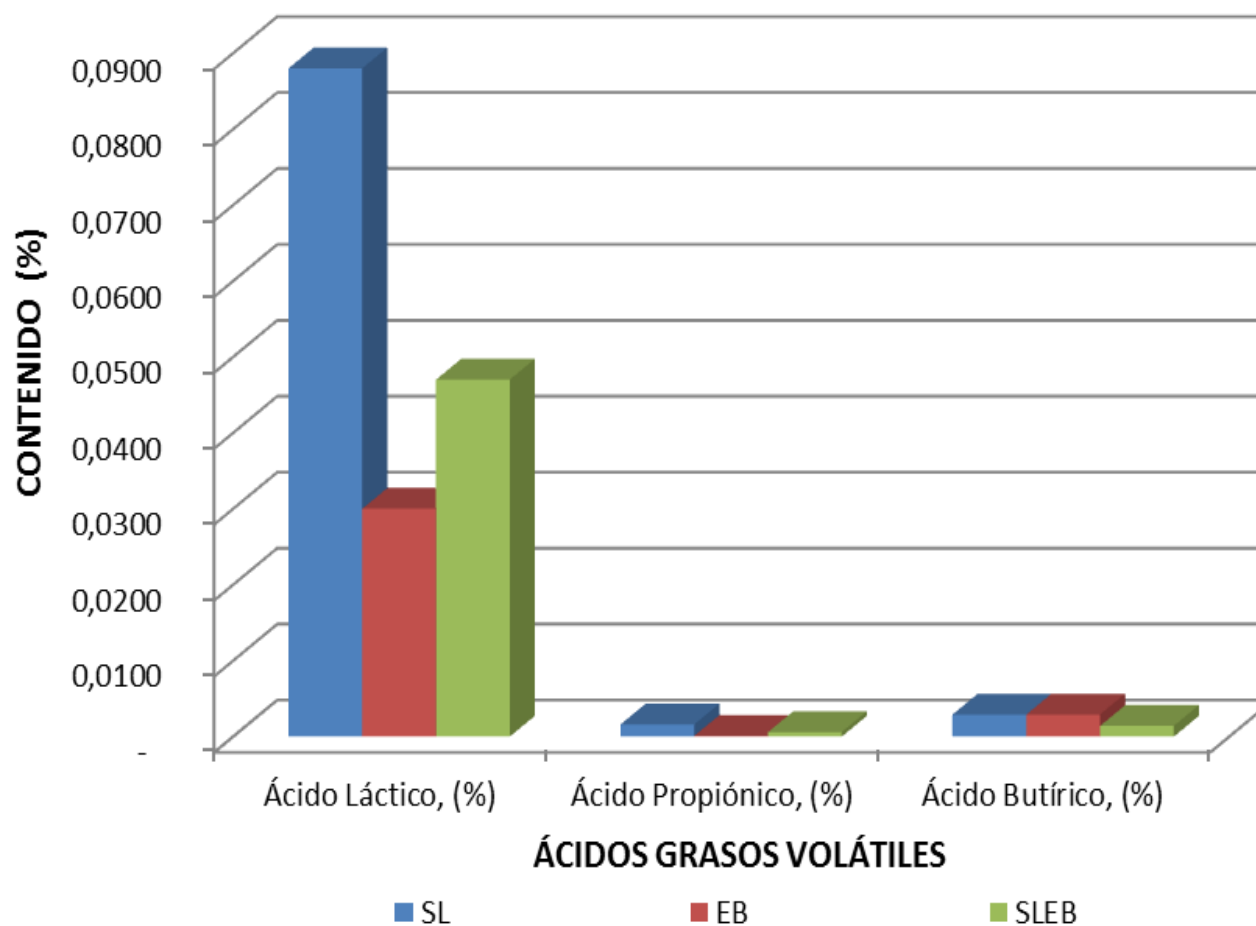


Gráfico 3. Valoración de ácidos grasos volátiles, en prefermentos elaborados, para su utilización en la elaboración de bioensilajes.

con un promedio de 0,0016 %, seguido por el valor de ácido propiónico determinado en el pre fermento mixto (Suero de Leche + Estiércol Bovino), con una media de 0,0006 %, mientras que el menor contenido de ácido propiónico fue determinado en el pre fermento donde se utilizó el Estiércol Bovino con un promedio de 0,0001 %.

El ácido propiónico obtenido en la presente investigación es inferior a la registrada por Martínez, A. (2008), al evaluar las características fermentativas del ensilaje de estiércol, alcanzando un porcentaje de Ácido propiónico de 0,9%

e. Ácido butírico

La presencia de ácido butírico en los diferentes prefermentos, demostró diferencias estadísticas ($P < 0.01$), estableciéndose mayor producción de ácido butírico en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche con un promedio de 0,0029 %, en segunda instancia el valor de ácido butírico cuantificado en el pre fermento mixto (Suero de Leche + Estiércol Bovino), con un valor de 0,0014 %, mientras que no se registró producción de ácido butírico en el pre fermento donde se utilizó el Estiércol Bovino.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores a los registrados por, Martínez, A. (2008), quien estableció un valor promedio de Ácido butírico 0,62%.

f. Cociente total de sacarosa (°Brix)

En la evaluación del coeficiente de sacarosa durante diferentes periodos de tiempo, durante las 96 horas, presentó variaciones considerables en los diferentes prefermentos evaluados, sin embargo a la hora cero se determinó mayor contenido de sacarosa en el prefermento elaborado a base de Suero de Leche presentando un valor de 11,5 °Brix, mientras que los prefermentos a base de Estiércol Bovino y Mixto, presentaron una media de 11,0 °Brix, ascendiendo paulatinamente hasta las 48 y 72 horas a niveles de hasta 13,0 °Brix, mientras

que para las 96 horas los diferentes tratamientos han descendido de manera común a un rango de entre 12,5 y 11,5 °Brix, gráfico 4.

g. Densidad óptica por espectrofotometría

Para la variable densidad de bacterias/cc, determinada por espectrofotometría durante 96 horas se determinaron variaciones de consideración a las 0 horas, alcanzando un valor de $4,57 \times 10^{11}$ Bacterias/cc en el pre fermento elaborado a base de Estiércol Bovino y $4,50 \times 10^{11}$ Bacterias/cc en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche, mientras que el preparado Mixto presento un valor inferior de $4,16 \times 10^{11}$ Bacterias/cc. Sin embargo, mientras transcurre el tiempo en todos los casos a las 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas, existe un descenso de esta variable, hasta ubicarse en un rango de $4,10 \times 10^{11}$ y $3,93 \times 10^{11}$ Bacterias/cc en los prefermentos elaborados a base de Suero de Leche y Mixto respectivamente a las 96 horas de evaluación, gráfico 5.

2. Caracterización microbiológicos del pre fermento

Para la caracterización microbiológica del pre fermento, se evaluó la presencia de bacterias, hongos y levaduras comúnmente presentes en este tipo de cultivos, determinándose los siguientes resultados:

a. Hongos mesófilos totales

El contenido de hongos mesófilos totales durante las 96 horas de evaluación, presentó regularidad hasta las 72 horas de evaluación, manteniendo ligeras variaciones en los diferentes prefermentos estudiados, sin embargo a la hora 0 se determinó mayor carga de hongos mesófilos totales, en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche presentando un promedio de 19000,0 UPC/cc, mientras que los prefermentos a base de Estiércol Bovino y Mixto, se mantuvieron de manera regular con bajos niveles de hongos mesófilos totales hasta las 96 horas, cuando el pre fermento Suero de Leche obtuvo mayor contenido de hongos con una media de 68000,0 UPC/cc, gráfico 6.

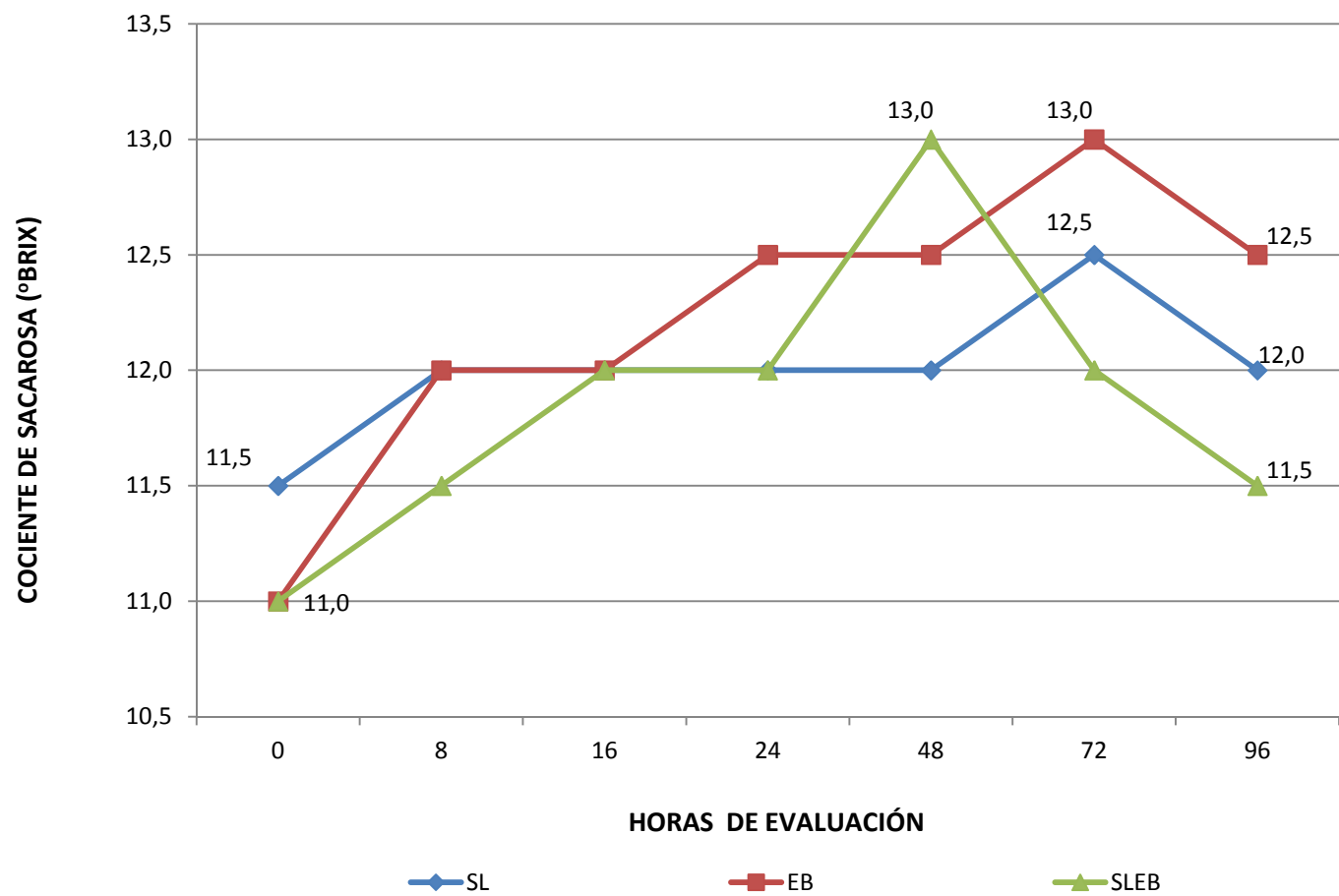


Gráfico 4. Evaluación del Coeficiente de Sacarosa durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

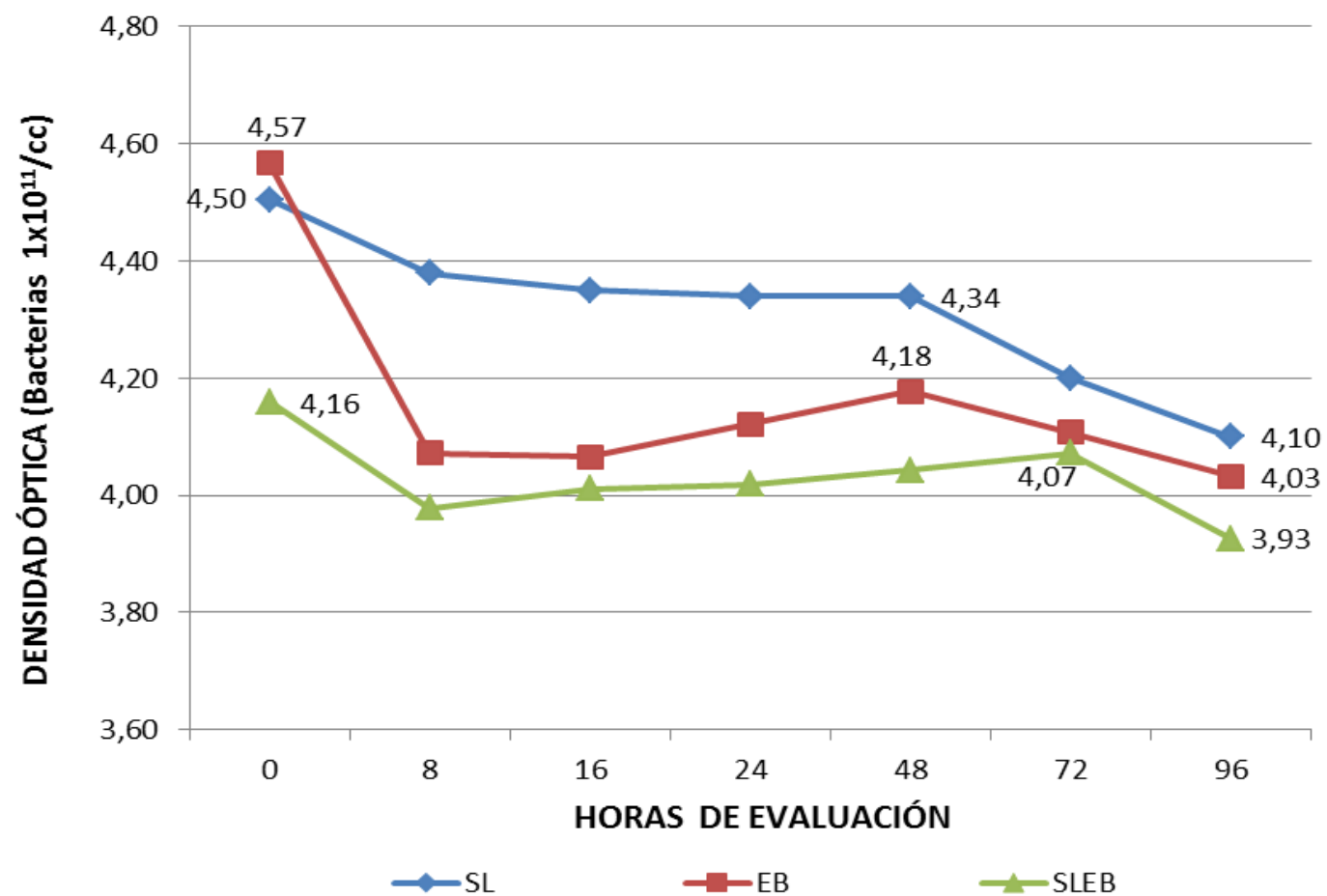


Gráfico 5. Densidad de bacterias/cc, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

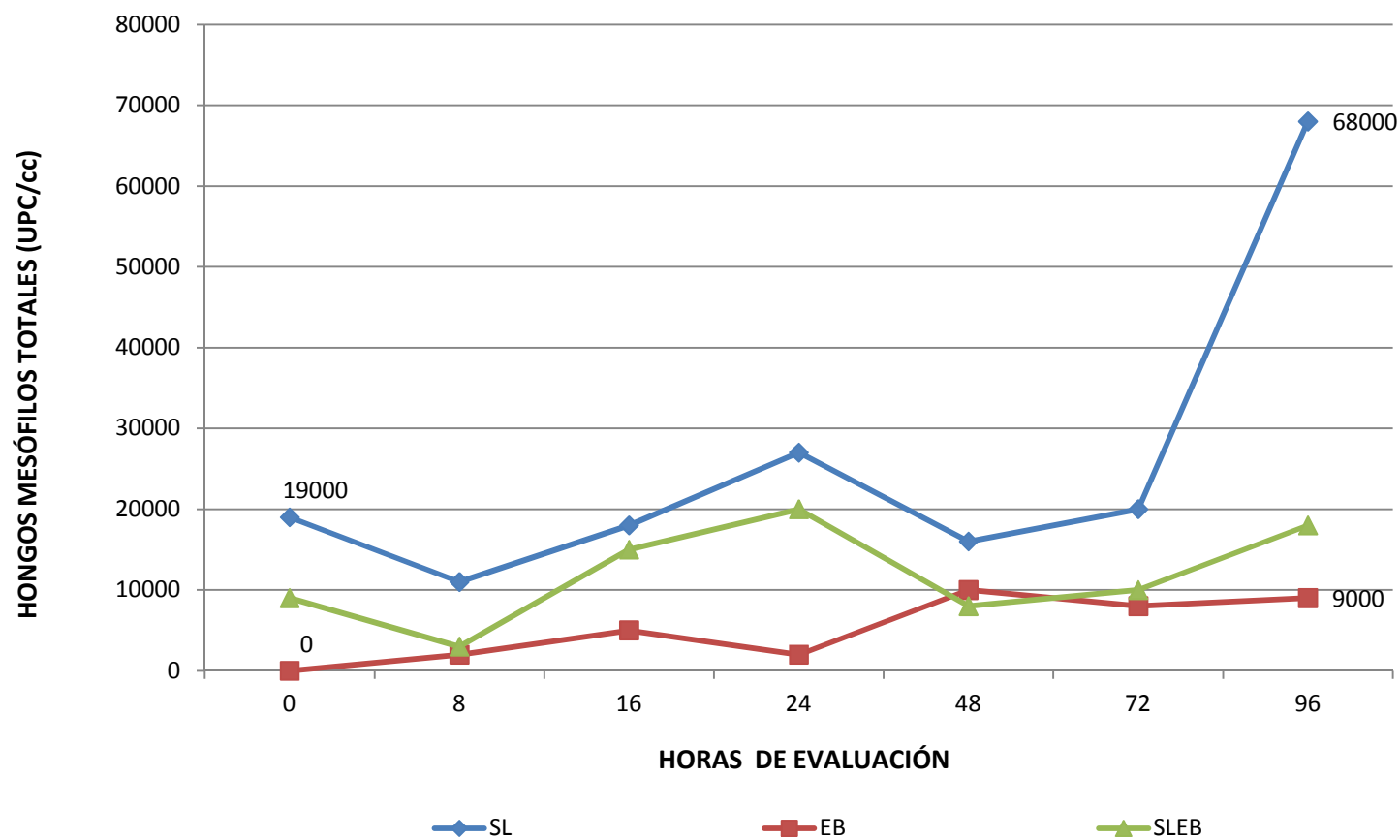


Gráfico 6. Conteo de Hongos mesófilos totales, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

b. Levaduras

El contenido de levaduras durante las 96 horas de evaluación, presentó regularidad hasta las 72 horas de evaluación, con ligeras variaciones en los diferentes prefermentos estudiados, sin embargo a la hora 0 se determinó que en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche existió ausencia de levaduras mientras que el preparado Mixto y a base de Estiércol Bovino presentan ligeras variaciones de levaduras, así mismo a las 96 horas, existe un ascenso considerable de levaduras sobre todo en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche que alcanza un contenido de levaduras de 96000,0 UPC/cc, gráfico 7.

c. Aerobios mesófilos totales

Para esta variable, se determinó durante 96 horas presencia de aerobios mesófilos totales en los prefermentos elaborados a base de Suero de leche, Estiércol Bovino y el preparado Mixto con 200000UFC/cc, sin embargo, mientras transcurre el tiempo en todos los casos a las 8, 16, 24, 48, 72 horas, existe un descenso de esta variable, existiendo ausencia total de aerobios mesófilos a las 96 horas en el pre fermento elaborados a base de Suero de Leche, gráfico 8.

d. Bacterias ácido lácticas

El contenido de bacterias ácido lácticas durante las 96 horas de evaluación, presentó regularidad hasta las 72 horas de evaluación, con ligeras variaciones en los diferentes prefermentos estudiados, sin embargo a la hora 0 se determinó que en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche alcanza un contenido de 40,0 UFC/cc mientras que el preparado Mixto y a base de Estiércol Bovino presentan menor contenido de bacterias ácido lácticas, así mismo a las 96 horas, existe un ascenso considerable de hongos mesófilos totales sobre todo en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche que alcanza un contenido de hongos mesófilos totales de 290,0 UFC/cc, gráfico 9.

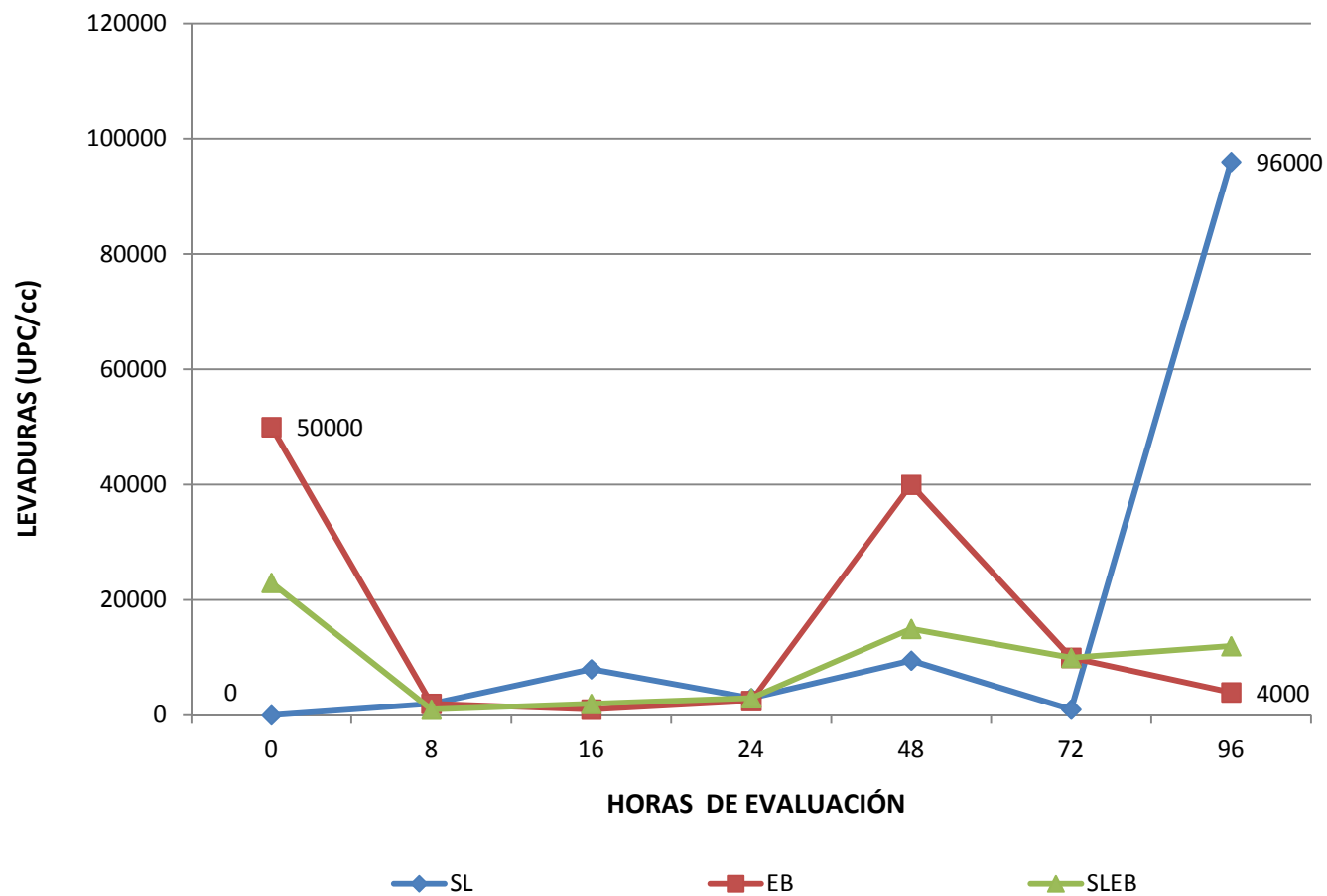


Gráfico 7. Conteo de Levaduras, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

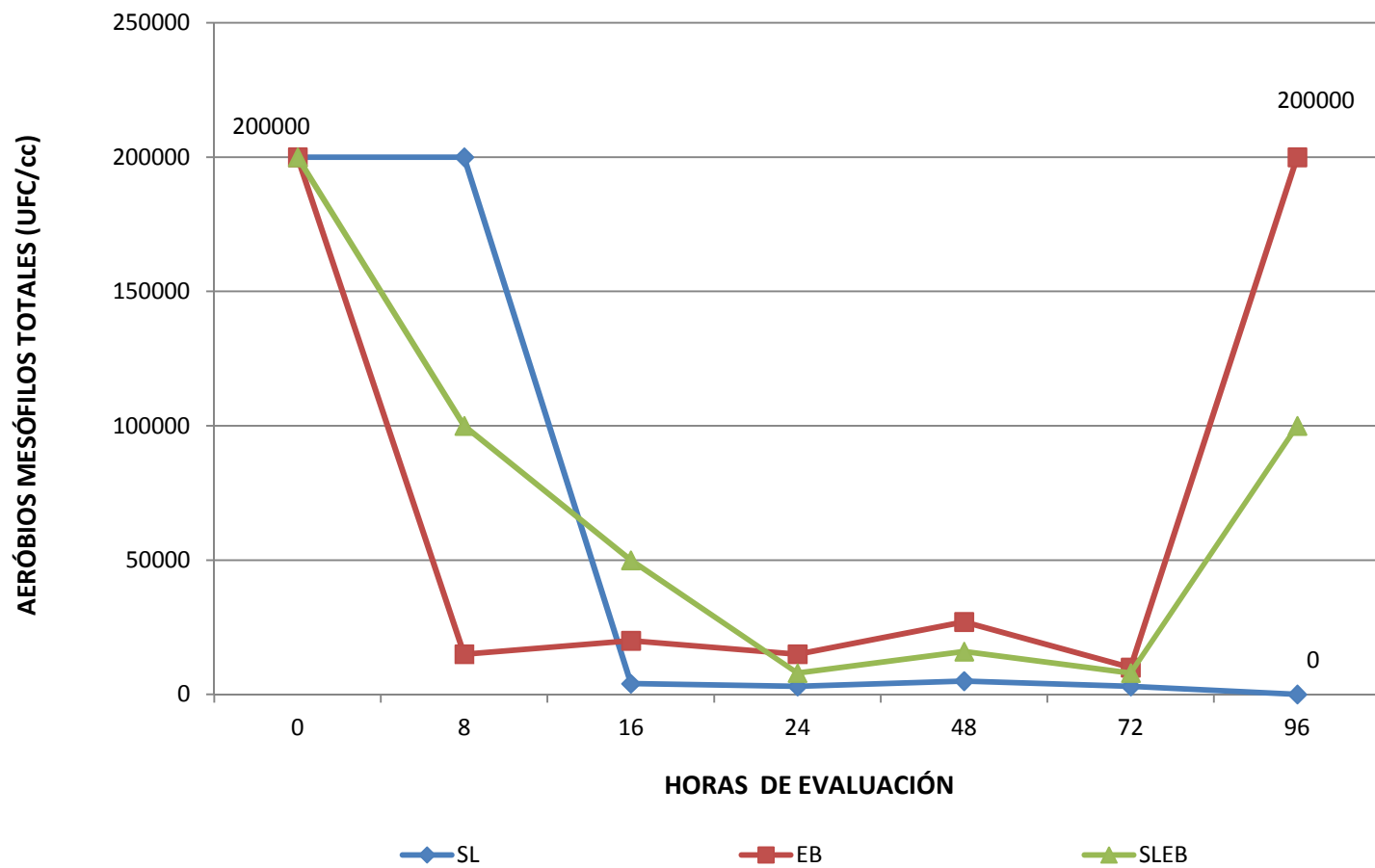


Gráfico 8. Aerobios mesófilos totales, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

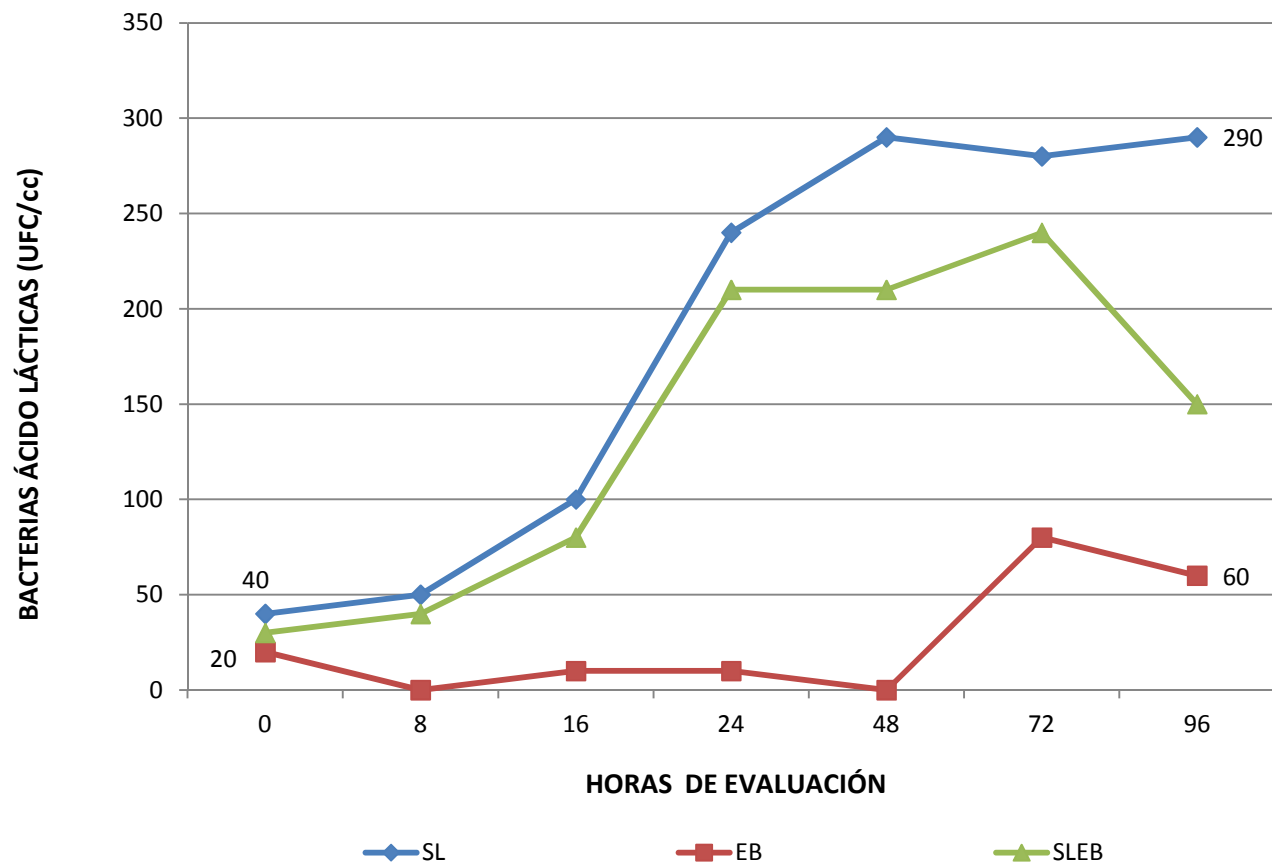


Gráfico 9. Cuantificación de Bacterias lácticas, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

e. Coliformes totales

El contenido de Coliformes totales durante las 96 horas de evaluación, presentó regularidad hasta las 72 horas de evaluación, con ligeras variaciones en los diferentes prefermentos estudiados, sin embargo a la hora 0 se determinó que en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche presenta ausencia de coliformes totales mientras que el preparado Mixto y a base de Estiércol Bovino existe presencia de coliformes totales, así mismo a las 96 horas, presenta un descenso considerable de coliformes totales en los prefermentos a base de Estiercol bovino y preparado Mixto , mientras que en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche presenta ausencia de coliformes totales, gráfico 10.

f. Biomasa bacteriana

El contenido de biomasa bacteriana durante las 96 horas de evaluación, presentó con ligeras variaciones en los diferentes prefermentos estudiados, sin embargo a la hora 0 se determinó que en el prefermento elaborado a base de Suero de Leche alcanza un contenido de 0,98 %, mientras que el preparado Mixto y a base de Estiércol Bovino presentan un mayor porcentaje de Biomasa bacteriana, así mismo a las 96 horas, existe un ascenso considerable de la biomasa bacteriana, sobre todo en el prefermento elaborado a base de Suero de Leche que alcanza un contenido de Biomasa bacteriana de 0,61%, gráfico 11.

B. CARACTERIZACIÓN DE BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS

1. Caracterización físico – química del ensilaje

a. Temperatura

Al evaluar el comportamiento de la temperatura durante 90 horas, se determinó que la temperatura en los diferentes tipos de bioensilajes presenta ligeras

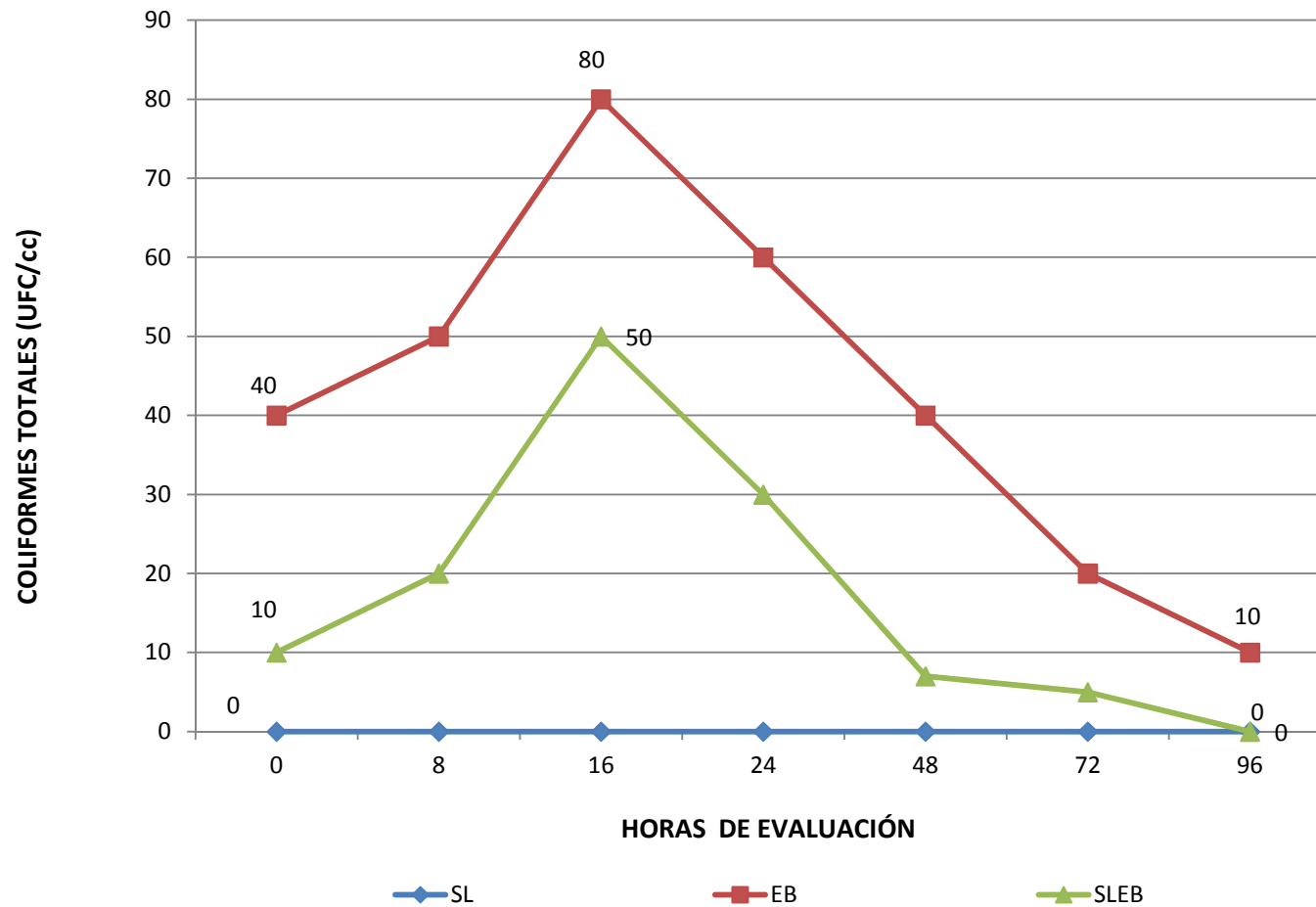


Gráfico 10. Coliformes totales, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

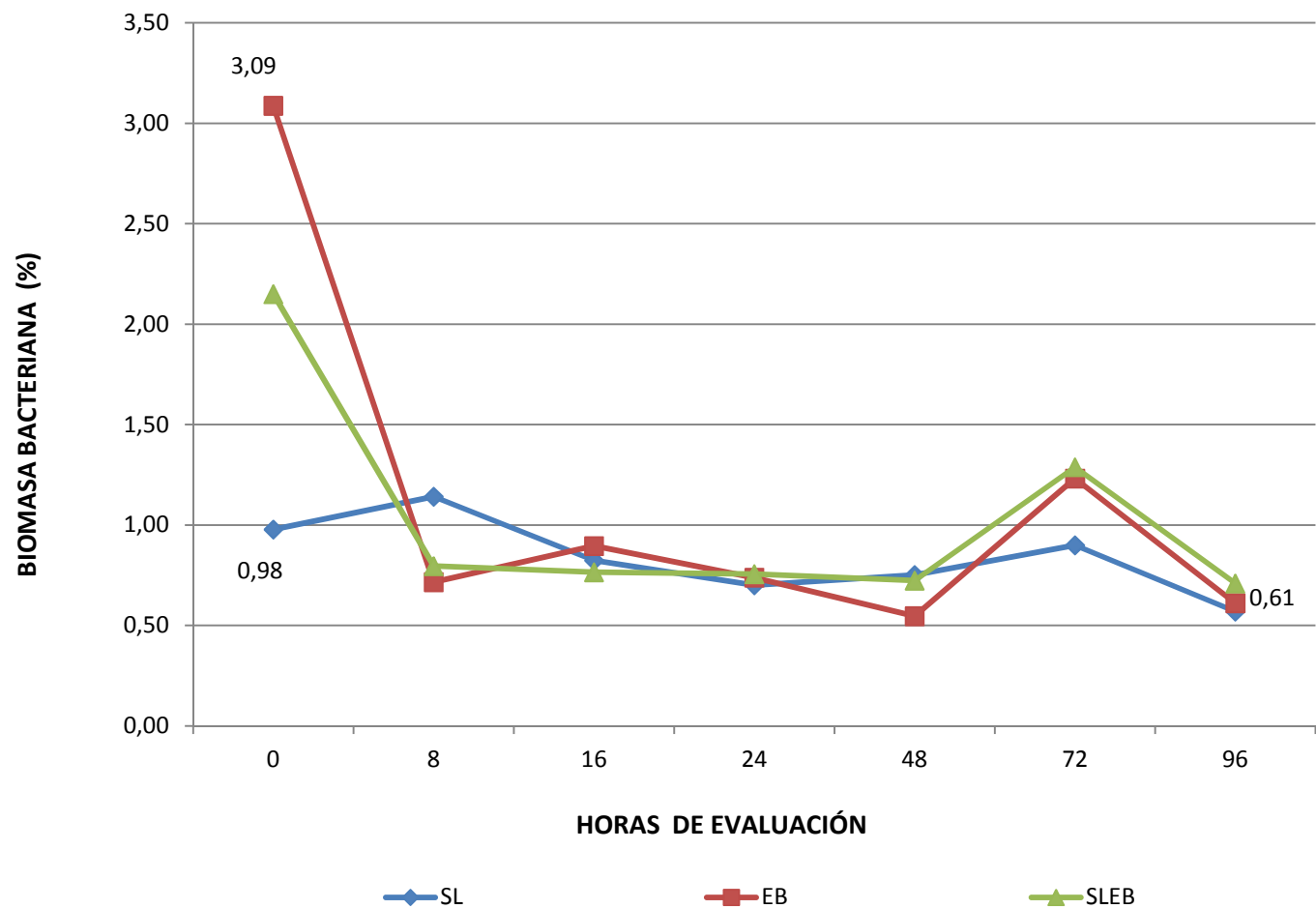


Gráfico 11. Biomasa bacteriana, durante diferentes periodos de tiempo, en prefermentos elaborados, para su utilización en la obtención de bioensilajes.

variaciones a las 0, 45 y 90 horas alcanzando valores medios de 15, 49 y 46 °C respectivamente, gráfico 12.

b. pH

Al estudiar los valores de pH durante 90 horas se determinó que existen variaciones considerables a las 0 horas presentando el valor más alto con 7,5 el ensilaje elaborado a base de prefermento con Estiércol Bovino, mientras que menores valores fueron determinados en los demás tratamientos tipos de ensilajes alcanzando un valor que varía en el rango de 6,2 y 6,5 puntos en su orden, estos valores de pH se reducen paulatinamente a las 45 y 90 horas estabilizándose en un rango de 3,7 y 4,4 puntos en todos los tratamientos considerados, gráfico 13.

Resultados diferentes fueron reportados por Elizalde H. y Gallardo C. (2003), en su estudio sobre evaluación de ensilajes de avena y cebada en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento, determinaron un valor de 8,5 de pH en el ensilaje elaborado a base de Cebada con urea.

c. Ácido láctico

La producción de ácido láctico, presentó diferencias estadísticas en los diferentes bioensilajes elaborados ($P < 0.01$), de esta manera se determinó mayor producción de ácido láctico en el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Suero de Leche con un promedio de 2,07 %, seguido por los promedios de ácido láctico determinados en los bioensilajes de Maíz y los elaborados con los prefermentos de Estiércol Bovino y Mixto con medias de 1,57; 1,64 y 1,64 % respectivamente, cuadro 7, gráfico 14.

Así mismo los resultados obtenidos en la presente variable son inferiores a los determinados por Martínez, A. (2008), en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, donde registró el 4,1% de ácido láctico.

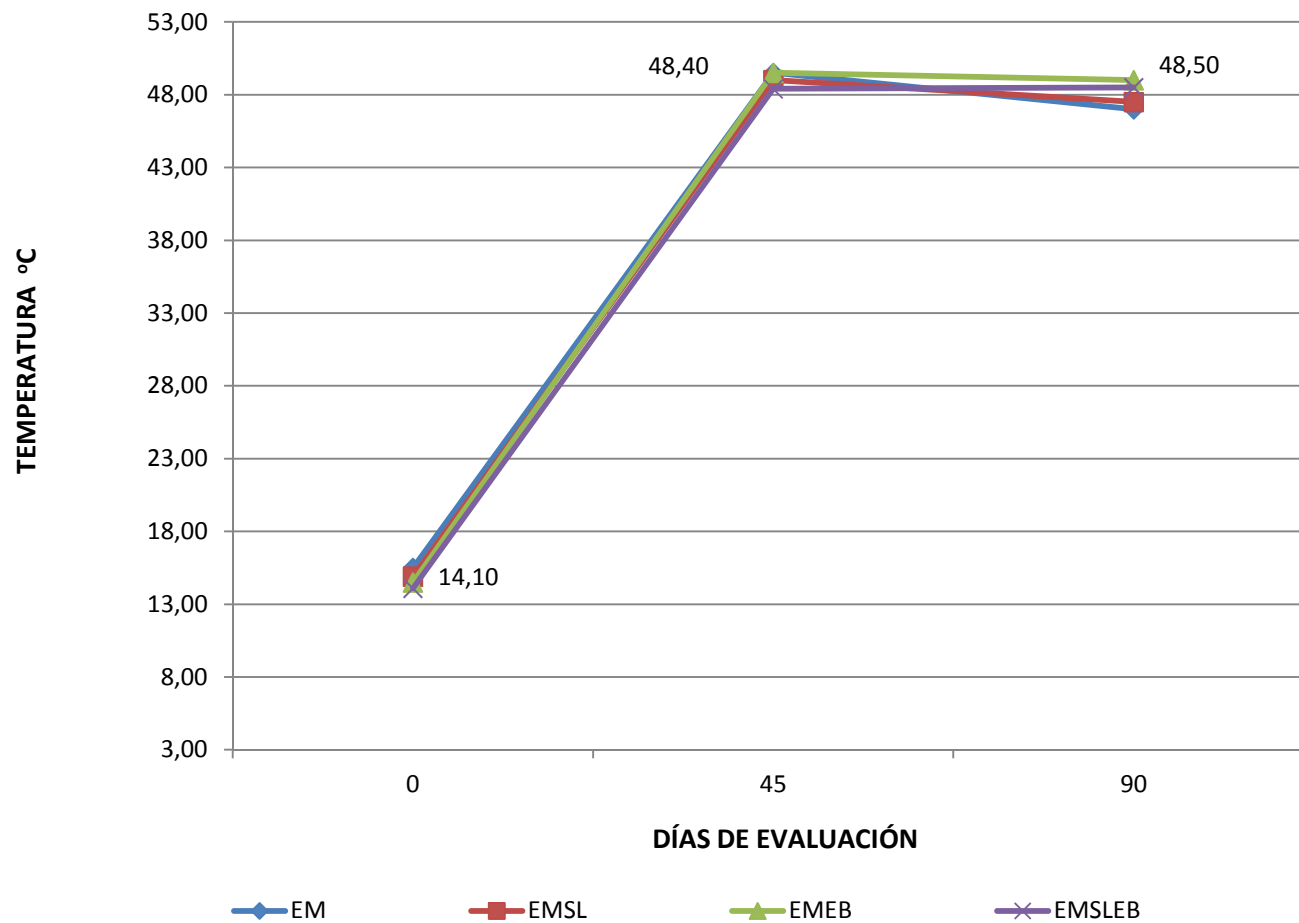


Gráfico 12. Evaluación de la temperatura, durante diferentes periodos de tiempo, en bioensilajes elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos.

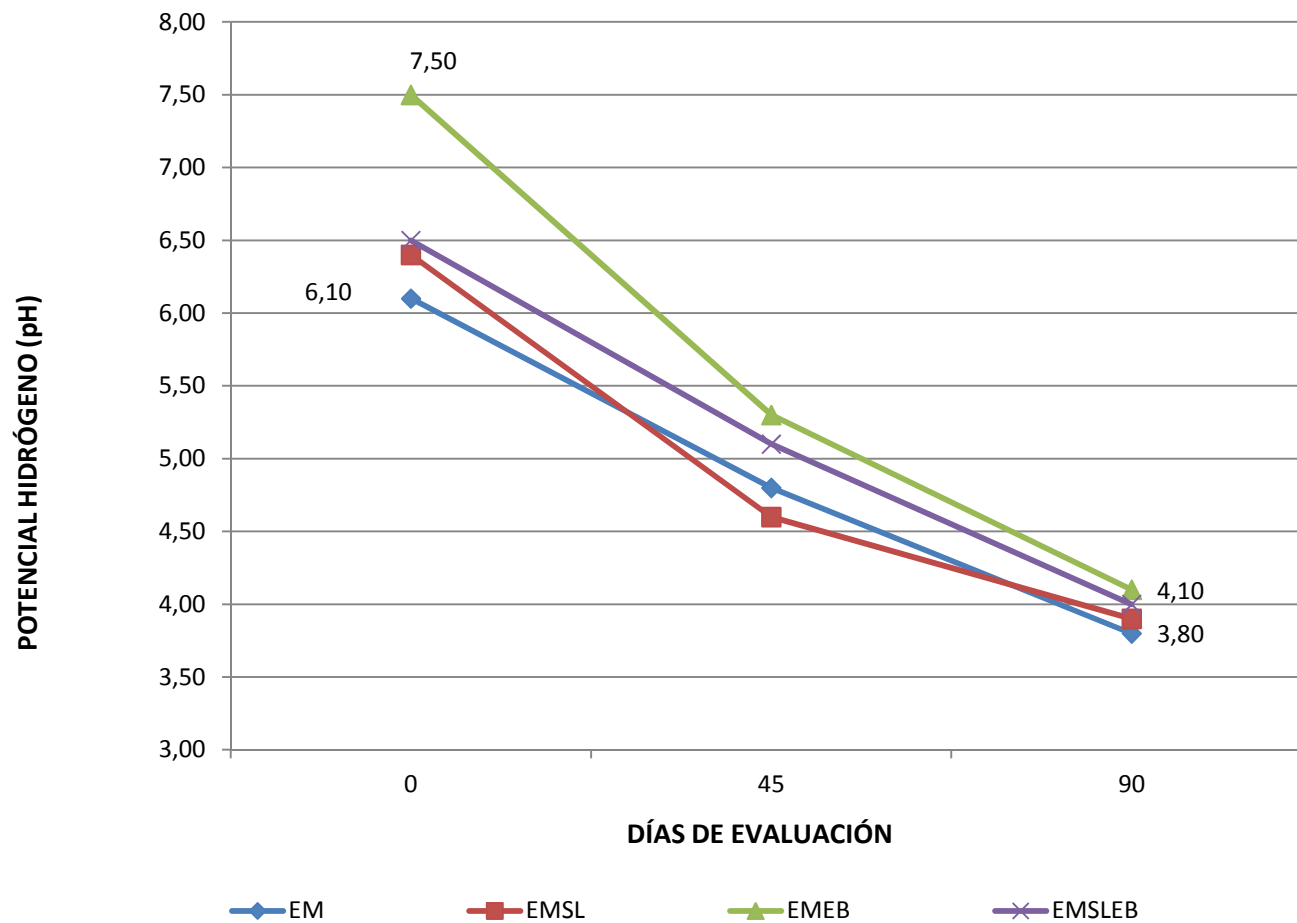


Gráfico 13. Valoración del pH en diferentes periodos de tiempo, durante la producción de bioensilajes elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos.

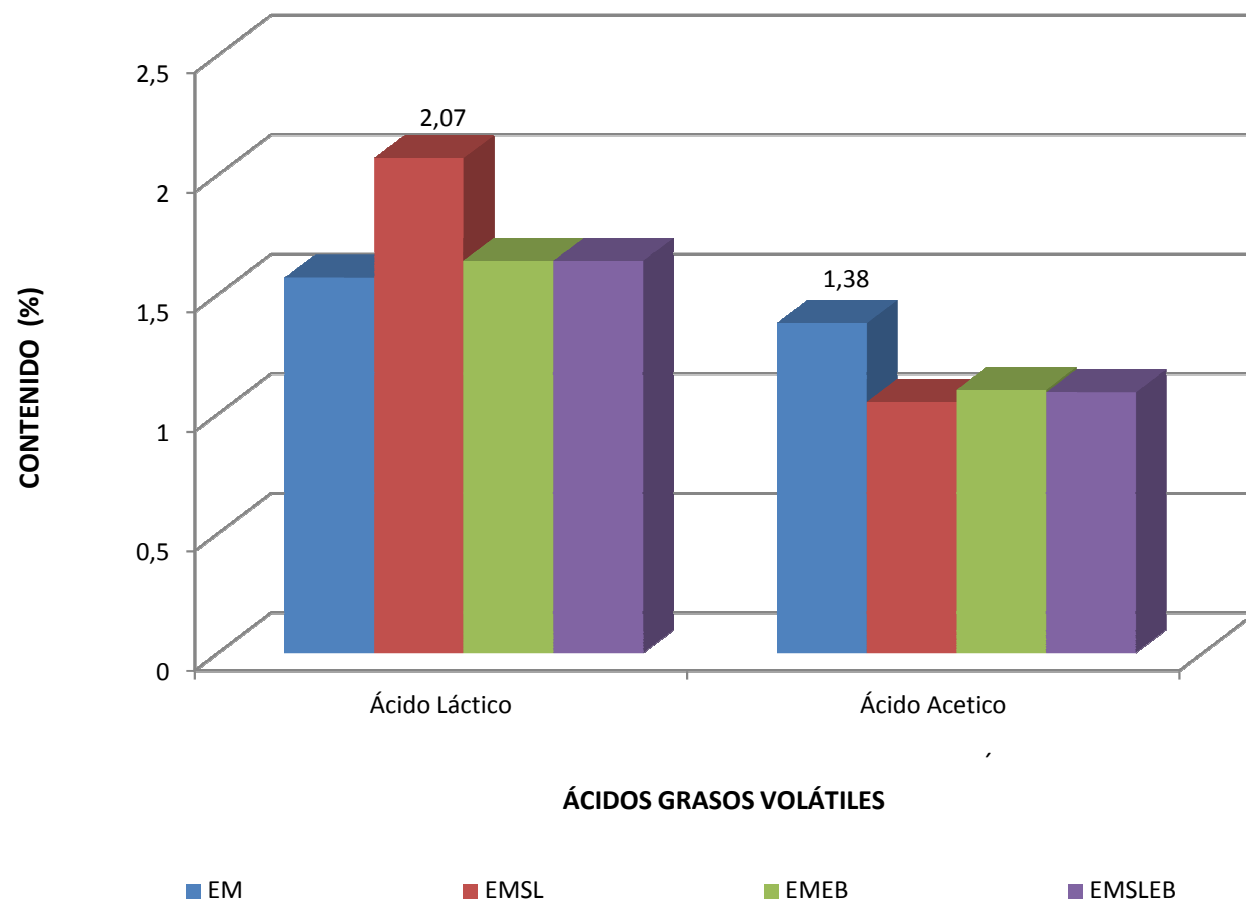


Gráfico 14. Contenido de ácidos grasos volátiles, en bioensilajes de rastrojo de maíz elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos.

d. Ácido acético

En la producción de ácido acético, se determinaron diferencias estadísticas de acuerdo a los diferentes bioensilajes elaborados ($P < 0.01$), determinándose mayor producción de ácido acético en el bioensilaje elaborado únicamente a base de Maíz con un valor de 1,38 %, mientras que con menores promedios de producción fueron identificados los bioensilajes elaborados a base de Suero de Leche Estiércol Bovino y Mixto con valores de 1,05; 1,10 y 1,09% correspondientemente.

e. Contenido de nitrógeno

(1). Nitrógeno total

El contenido de nitrógeno total inicial, determinado en los diferentes bioensilajes producidos, registró diferencias estadísticas ($P < 0.05$), de esta manera se determinó mayor contenido de nitrógeno total en el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Suero de Leche con un promedio de 1,39 %, seguido por los promedios determinados en los demás tratamientos.

Por otro lado el contenido de nitrógeno total final presente en los diferentes bioensilajes producidos, presentó diferencias estadísticas ($P < 0.01$), es así que el menor contenido de nitrógeno total fue registrado en el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Estiércol Bovino con un promedio de 1,25 %, mientras que en los demás tratamientos se registraron promedios superiores que se ubican en un rango de 1,38 y 1,42 %.

Al respecto Elizalde, H. y Gallardo, C. (2003), en su estudio sobre evaluación de ensilajes de avena y cebada en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento, registraron 26,9 % de nitrógeno total en el ensilaje elaborado a base de Cebada con urea, resultado que es muy superior al determinado en el presente experimento posiblemente se halle relacionado al contenido de urea utilizado en el mencionado experimento.

(2). Nitrógeno amoniacal

El nitrógeno amoniacal inicial, determinado en los diferentes bioensilajes producidos, registró diferencias estadísticas ($P < 0.05$), es así que el menor contenido de nitrógeno amoniacal fue registrado en el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Suero de Leche con un promedio de 0,36 %, en tanto que los demás tratamientos registraron promedios superiores ubicándose en un rango de 0,44 y 0,46 %. Igual comportamiento fue reportado en el contenido de nitrógeno amoniacal final ($P < 0.05$), ya que en el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Suero de Leche registró el menor promedio con 0,51 %, en tanto que los demás tratamientos registraron un promedio superior que alcanzó un valor de 0,58 %.

(3). Nitrógeno verdadero

En el contenido de nitrógeno verdadero inicial, en los diferentes bioensilajes producidos, se registraron diferencias estadísticas ($P < 0.01$), de esta manera el mayor contenido de nitrógeno verdadero fue reportado en el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Suero de Leche con un promedio de 1,04 %, en tanto que los demás tratamientos registraron promedios menores ubicándose en un rango de 0,82 y 0,76 %.

El mismo comportamiento fue determinado en el contenido de nitrógeno verdadero final ($P < 0.01$), así el bioensilaje elaborado a base del pre fermento de Suero de Leche registró el mayor valor para esta variable con 0,91 %, en tanto que los demás tratamientos registraron promedios menores registrados en un rango de 0,67 a 0,81 %, cuadro 7, gráfico 15.

Cuadro 7. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS.

| VARIABLES | TRATAMIENTOS | | | | | Prob. |
|----------------------------------|--------------|--------|--------|--------|------|--------|
| | EM | EMSL | EMEB | EMSLEB | X | |
| Ácido Láctico, (%) | 1,57 b | 2,07 a | 1,64 b | 1,64 b | 1,73 | 0,0003 |
| Ácido Acético, (%) | 1,38 a | 1,05 b | 1,10 b | 1,09 b | 1,15 | 0,0003 |
| Nitrógeno Total Inicial, (%) | 1,26 b | 1,39 a | 1,22 b | 1,23 b | 1,27 | 0,0243 |
| Nitrógeno Total Final, (%) | 1,38 a | 1,42 a | 1,25 b | 1,39 a | 1,38 | 0,0008 |
| Nitrógeno Amoniacal Inicial, (%) | 0,44 a | 0,36 b | 0,46 a | 0,45 a | 0,42 | 0,0127 |
| Nitrógeno Amoniacal Final, (%) | 0,58 a | 0,51 b | 0,58 a | 0,58 a | 0,56 | 0,0404 |
| Nitrógeno Verdadero Inicial, (%) | 0,82 b | 1,04 a | 0,76 b | 0,79 b | 0,85 | 0,0021 |
| Nitrógeno Verdadero Final, (%) | 0,80 b | 0,91 a | 0,67 c | 0,81 b | 0,8 | 0,0028 |

Fuente: Cardoso, F. (2013).

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$).

EM: Bioensilaje de residuos de Maíz.

EMSL: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Suero de Leche.

EMEB: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Estiércol Bovino.

EMSLEB: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Suero de Leche y Estiércol Bovino.

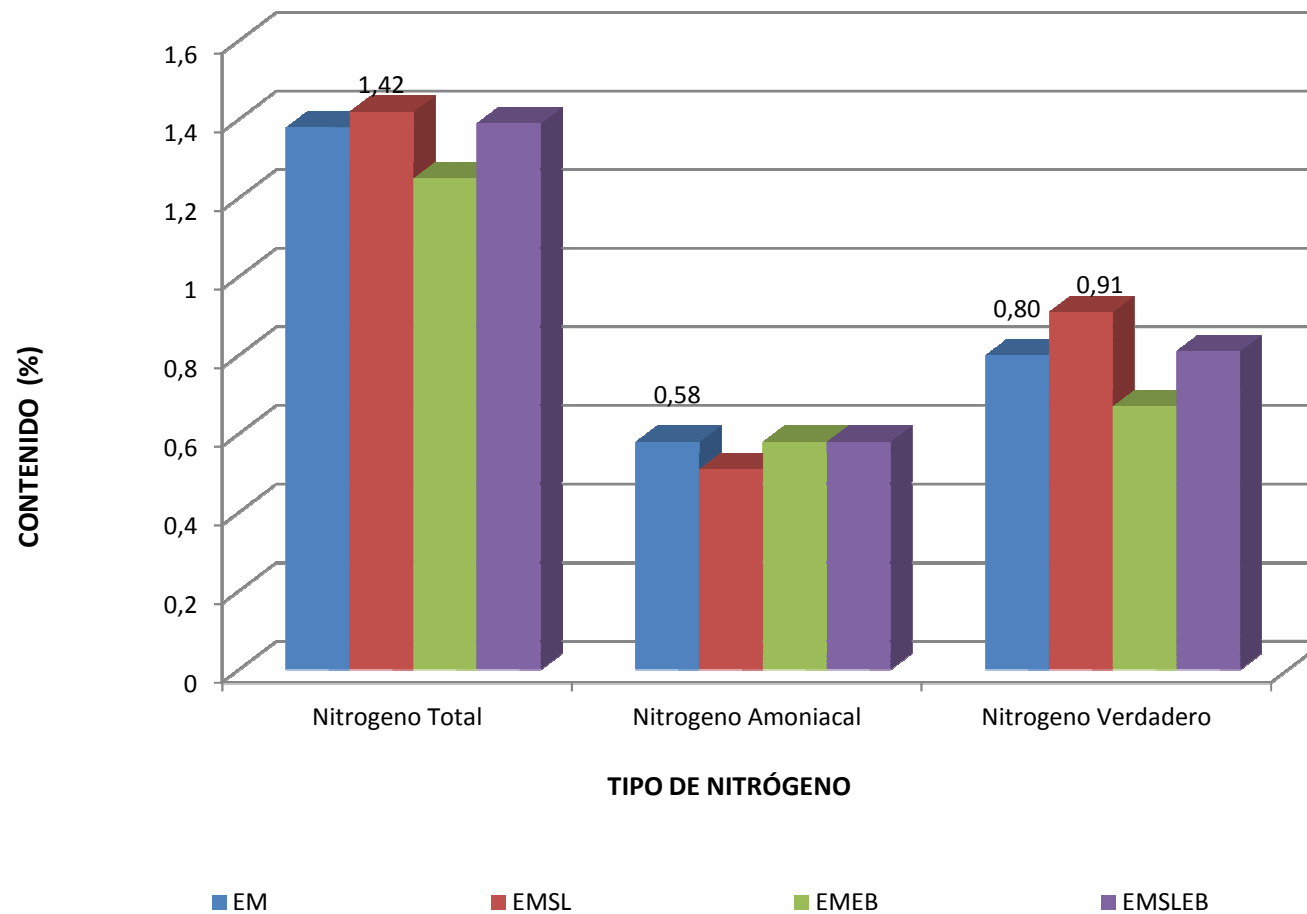


Gráfico 15. Contenido de nitrógeno total, amoniacal y verdadero, en bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos.

2. Caracterización bromatológica de alimentos utilizados

a. Ensilajes de maíz con diferentes prefermentos

(1). Materia seca

En el contenido de materia seca en los diferentes bioensilajes estudiados, presentó diferencias estadísticas ($P < 0,01$), obteniéndose el mayor contenido de materia seca en el ensilaje de maíz con pre fermento Mixto con 19,84% seguido por los promedios de materia seca registrados en los ensilajes de Maíz y ensilaje de maíz con pre fermento de Suero de Leche con promedios de 18,08 y 18,89 % respectivamente, mientras que el menor contenido de materia seca fue registrado en el ensilaje de maíz con pre fermento de Estiércol Bovino o con un valor de 16,14 % de materia seca.

Los resultados determinados para esta variable son inferiores a los registrados por Elizalde, H. y Gallardo, C. (2003), en su estudio sobre evaluación de ensilajes de avena y cebada en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento, donde determinaron el 41,8 % de materia seca, en el ensilaje elaborado a base de Cebada con urea, posiblemente debido al contenido inicial de humedad de la materia prima y proceso de ensilado aplicado.

Martínez, A. et, al. (2008), en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de materia seca del 47,45%, siendo superior a lo registrado en la presente investigación.

(2). Humedad

El contenido de humedad en los diferentes bioensilajes estudiados, presentó diferencias estadísticas ($P < 0,01$), determinándose el mayor contenido de humedad en el ensilaje de maíz elaborado con pre fermento de Estiércol Bovino con 83,86 %, seguido por los promedios de humedad registrados en los ensilajes de Maíz y ensilaje de maíz con pre fermento de Suero de Leche con promedios

de 81,92 y 81,12 % en su orden, finalmente el menor contenido de humedad fue registrado en el ensilaje de maíz con pre fermento Mixto con un valor de 80,16 % de humedad.

(3). Proteína bruta

Con respecto al contenido de proteína bruta en los diferentes bioensilajes analizados, se registró diferencias estadísticas ($P < 0,01$), reportándose el mayor contenido de proteína bruta en el ensilaje de maíz elaborado con pre fermento de Suero de Leche con 16,69 %, seguido por los promedios de proteína bruta registrados en los ensilajes de maíz con pre fermento Mixto y ensilaje de Maíz con promedios de 17,78 y 14,57 % en su orden, finalmente el menor contenido de proteína bruta fue determinado en el ensilaje de maíz con pre fermento de Estiércol Bovino con un valor de proteína bruta de 13,77 %.

Estos resultados son inferiores a los determinados por Elizalde, H. y Gallardo, C. (2003), en su estudio sobre evaluación de ensilajes de avena y cebada en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento, donde reportaron un 27,2 % de proteína en el ensilaje elaborado a base de Cebada con urea, posiblemente debido al contenido de urea y proceso de ensilado aplicado.

Al respecto Martínez, A. et, al. (2008), en su estudio sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de proteína cruda de 7,42 %, siendo inferior a lo reportado en la presente investigación.

(4). Fibra bruta

El contenido de fibra bruta en los bioensilajes obtenidos, no registró diferencias estadísticas ($P > 0,05$), estableciéndose promedios de 24,08; 20,31; 22,98 y 21,75 %, de fibra bruta en los bioensilajes de residuos Maíz exclusivamente, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente.

La fibra bruta en la presente investigación es inferior al determinado por Martínez, A. et, al. (2008), quien en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de fibra cruda 28,17 %.

(5). Grasa

La grasa presente en los bioensilajes elaborados, presentó diferencias estadísticas ($P < 0,01$), determinando el mayor contenido de grasa en el ensilaje de maíz elaborado con pre fermento de Suero de Leche con 1,77 %, seguido por los promedios de grasa reportados en los ensilajes de maíz con pre fermento Mixto y ensilaje de Maíz con promedios de 1,59 y 1,64 % respectivamente, en última instancia el menor contenido de grasa fue determinado en el ensilaje de maíz con pre fermento de Estiércol Bovino con un promedio de 1,25 %.

El contenido de grasa en ensilaje con estiércol bovino, en el presente estudio es similar al obtenido por Martínez, A. et, al. (2008), en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de 1,25 % de grasa.

(3). Extracto libre de nitrógeno

Referente al extracto libre de nitrógeno cuantificado en los bioensilajes elaborados, no se identificaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), presentando promedios de 50,71; 52,24; 52,14 y 52,89 %, en el bioensilaje de residuos Maíz exclusivamente, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente, cuadro 8, grafico 16.

Los resultados determinados en la presente investigación son superiores a los reportados por Martínez, A. et, al. (2008), quien en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de Extracto libre de nitrógeno de 48,36 %.

Cuadro 8. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS.

| VARIABLES | TRATAMIENTOS | | | | X | Prob. |
|----------------------------------|--------------|----------|----------|----------|-------|--------|
| | EM | EMSL | EMEB | EMSLEB | | |
| Materia Seca, (%) | 18,08 ab | 18,89 ab | 16,14 b | 19,84 a | 18,24 | 0,0725 |
| Humedad, (%) | 81,92 ab | 81,12 ab | 83,86 a | 80,16 b | 81,76 | 0,0725 |
| Proteína Bruta, (%) | 14,57 b | 16,69 a | 13,77 c | 14,78 b | 14,95 | 0,0019 |
| Fibra Bruta, (%) | 24,08 a | 20,31 b | 22,98 ab | 21,75 ab | 22,28 | 0,1015 |
| Grasa, (%) | 1,64 b | 1,77 a | 1,25 c | 1,59 b | 1,56 | 0,0001 |
| Extracto Libre de Nitrógeno, (%) | 50,71 a | 52,24 a | 52,14 a | 52,89 a | 51,99 | 0,4152 |
| Ceniza, (%) | 9,02 a | 8,99 a | 9,88 a | 8,99 a | 9,22 | 0,4659 |
| Materia Orgánica, (%) | 90,98 a | 91,00 a | 90,12 a | 91,00 a | 90,78 | 0,4659 |

Fuente: Cardoso, F. (2013).

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$).

EM: Bioensilaje de residuos de Maíz.

EMSL: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Suero de Leche.

EMEB: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Estiércol Bovino.

EMSLEB: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Suero de Leche y Estiércol Bovino.

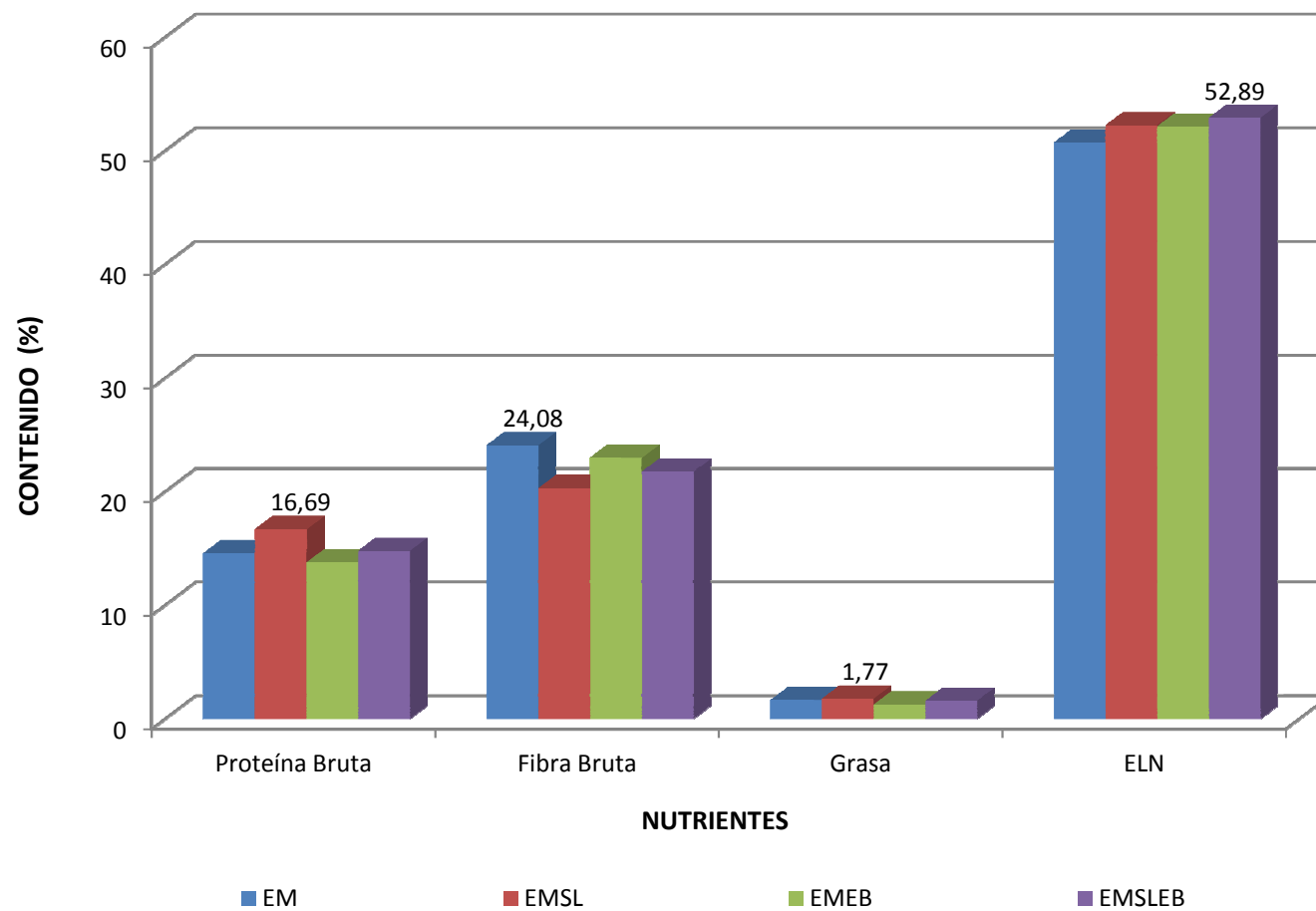


Gráfico 16. Contenido proteína, fibra, grasa y extracto libre de nitrógeno, en bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con la utilización de diferentes tipos de prefermentos.

(4). Ceniza

Por otro lado el contenido de ceniza determinada en los bioensilajes obtenidos, no presentó diferencias estadísticas ($P>0,05$), reportándose promedios de 9,02; 8,99; 9,88 y 8,99 % de cenizas, en el bioensilaje de residuos Maíz únicamente, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente.

Martínez, A. et, al. (2008), en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de Cenizas 14,8 % siendo superior al presente estudio.

(5). Materia orgánica

La materia orgánica determinada en los bioensilajes obtenidos, no presentó diferencias estadísticas ($P>0,05$), determinándose promedios de 90,98; 91,00; 90,12 y 91,00 %, en el bioensilaje de residuos Maíz sin pre fermento, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente.

El contenido de materia orgánica determinada en la presente investigación es superior al reportado por Martínez, A. et, al. (2008), quien en su investigación sobre las características fermentativas del ensilaje de estiércol, determinó un contenido de Materia orgánica 85,2 %.

b. Mezcla forrajera utilizada como alimento base

La mezcla forrajera compuesta por *Medicago sativa*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* y otras, empleada para el pastoreo de las vacas utilizadas en la presente investigación, presentó el 15,08 % de materia seca, 84,92 % de humedad, 10,50 % de proteína bruta, 9,8 % de fibra bruta, 0,63 % de grasa, 76,49 % de extracto libre de nitrógeno, 2,58 % de cenizas y 97,42 % de materia orgánica. Características del forraje que se asemejan a los requerimientos especialmente

de proteína, ya que de acuerdo a Barrera, V. (2004), una vaca con las condiciones relativas en cuanto a peso y producción mantenidas en el presente estudio, requiere de alrededor de 0,96 Kg de proteína, mientras que la mezcla forrajera alcanzó un aporte diario de 0,93 Kg de proteína consumida.

C. EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS.

1. Parámetros productivos en vacas

a. Peso corporal

El peso inicial de las vacas Holstein Mestizas, registró promedios de 482,60; 489,00; 481,80 y 484,00 kg en las vacas tratadas con bioensilaje de residuos Maíz sin pre fermento, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente.

Al finalizar el experimento, los pesos corporales determinados en vacas Holstein Mestizas, no presentaron diferencias estadísticas ($P>0.05$), estableciéndose valores promedio de 486,92; 494,46; 484,18 y 487,64 kg en las vacas tratadas con bioensilaje de residuos Maíz sin pre fermento, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente.

Por su parte se registraron diferencias estadísticas ($P<0.01$), en la variable ganancia de peso durante la etapa de evaluación, determinándose un mayor promedio de ganancia de peso en las vacas tratadas mediante la adición de bioensilaje con pre fermento de Suero de leche con 5,46 Kg, seguido por el promedio de ganancia de peso determinada en las vacas tratadas mediante bioensilaje con pre fermento de Suero de leche que alcanzó 4,32 Kg, luego la ganancia de peso de las vacas tratadas a base de bioensilaje con pre fermento

Mixto alcanzando un promedio de 3,64 Kg, y finalmente con la menor ganancia de peso se ubicaron los semovientes suplementados con bioensilaje elaborado a partir de pre fermento de Estiércol Bovino, determinándose un promedio de 2,38 Kg, cuadro 9, gráfico 17.

Wattiaux, M. (2007), quien señala que las dietas alimenticias deben ser formuladas específicamente para correlacionar los requerimientos de la vaca y mejorar su alimentación en todas las fases de lactancia, donde el ensilaje juega un papel importante y contribuye significativamente permitiendo a los productores intensificarla productividad de la tierra y la productividad de las vacas.

b. Consumo de alimento

El consumo de materia seca en las vacas utilizadas para el experimento no difirió estadísticamente ($P>0.05$), reportándose promedios de 9,23; 9,28; 9,03 y 9,13 kg de materia seca/día, en las vacas tratadas con bioensilaje de residuos Maíz sin pre fermento, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente, sin embargo hay que resaltar que en el consumo de ensilaje, se determinaron diferencias estadísticas ($P<0.01$), determinándose mayores consumos en el grupo de animales tratados con bioensilaje de maíz simple y bioensilaje de maíz con pre fermento de Suero de Leche, mientras que los menores consumos de ensilaje fueron determinados en los animales tratados a base de ensilajes con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto.

Al respecto Salazar, L. (2007), en su investigación estableció consumos diarios entre 10,25 kg de materia seca en los animales que recibieron el ensilaje bioacelerado con estiércol bovino siendo superior a la presente investigación.

Por su parte Blanco, G. et al (2005) al evaluar la cantidad nutricional en ensilajes de forrajes alternativos para ganado lechero, registro consumos de 14,3 kg/vaca/día pero en animales con una producción promedio de 18 litros/día/vaca.

Cuadro 9. EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS.

| VARIABLES | TRATAMIENTOS | | | | | Prob. |
|-------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|--------|--------|
| | F+EM | F+EMSL | F+EMEB | F+EMSLEB | X | |
| Peso inicial, (kg) | 482,60 | 489,00 | 481,80 | 484,00 | 484,35 | - |
| Peso final, (kg) | 486,92 a | 494,46 a | 484,18 a | 487,64 a | 488,30 | 0,5782 |
| Ganancia de Peso, (kg) | 4,32 b | 5,46 a | 2,38 d | 3,64 c | 3,95 | 0,0001 |
| Consumo de forraje/día, (kg de MS) | 8,79 a | 8,88 a | 8,77 a | 8,81 a | 8,81 | 0,7673 |
| Consumo de ensilaje/día, (kg de MS) | 0,44 a | 0,40 b | 0,25 c | 0,32 d | 0,35 | 0,0001 |
| Consumo de materia seca/día, (kg) | 9,23 a | 9,28 a | 9,03 a | 9,13 a | 9,17 | 0,1703 |
| Consumo Total de Materia Seca, (kg) | 830,69 a | 835,56 a | 812,25 a | 821,47 a | 824,99 | 0,1678 |
| Producción de leche/vaca/día, (Kg) | 7,73 b | 8,75 a | 6,01 d | 7,24 c | 7,43 | 0,0001 |
| Producción total de leche, (Kg) | 695,89 b | 787,14 a | 540,64 b | 652,15 c | 668,95 | 0,0001 |
| Conversión Alimenticia | 1,19 c | 1,06 d | 1,50 a | 1,26 b | 1,25 | 0,0001 |

Fuente: Cardoso, F. 2013.

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$).

EM: Bioensilaje de residuos de Maíz.

EMSL: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Suero de Leche.

EMEB: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Estiércol Bovino.

EMSLEB: Bioensilaje de residuos de Maíz con Simbiótico Suero de Leche y Estiércol Bovino.

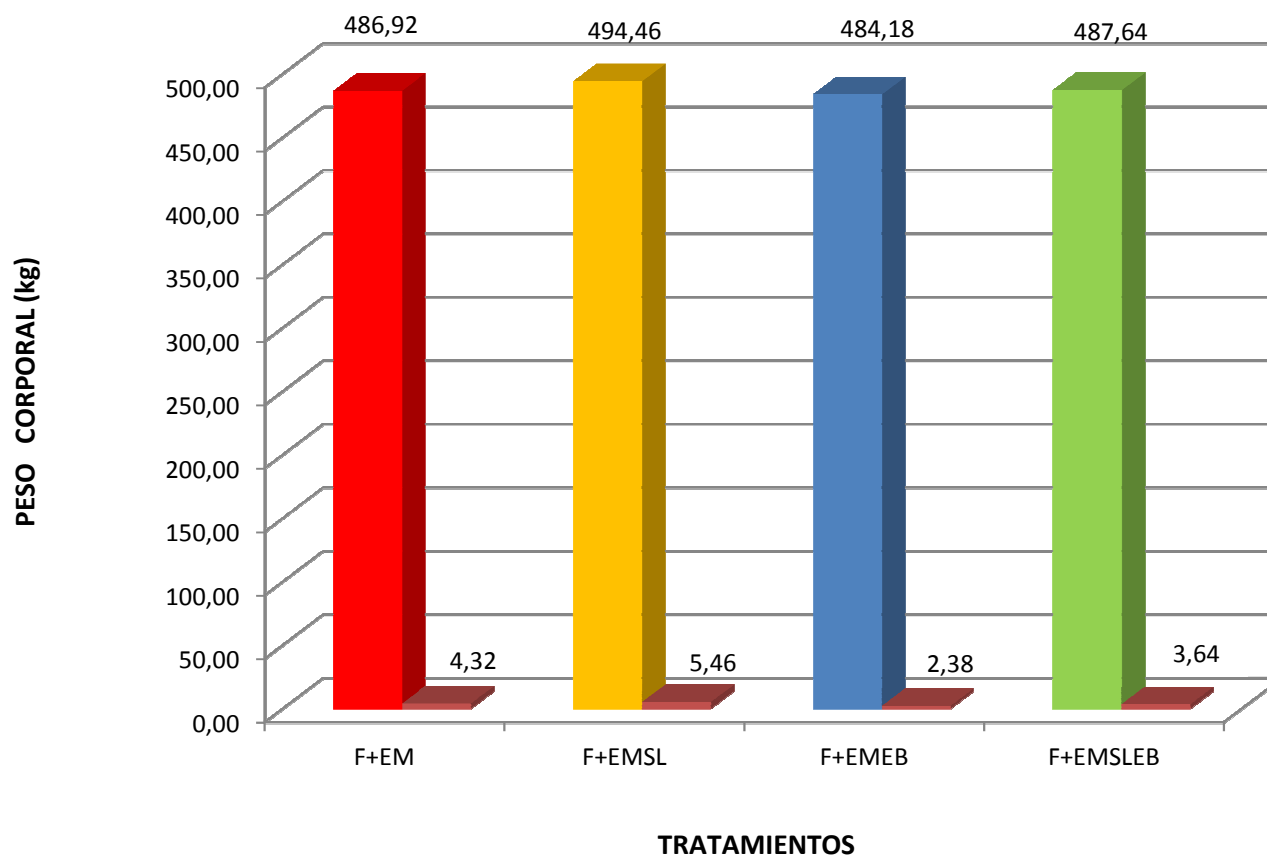


Gráfico 17. Peso final y ganancia de peso en vacas lecheras Holstein, alimentadas con bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con tipos de prefermentos.

Por otro lado en el consumo total de alimento durante el periodo de estudio, no se identificaron diferencias estadísticas ($P>0.05$), determinándose promedios de 830,69; 835,56; 812,25 y 821,47 kg de materia seca, para las vacas suplementadas con bioensilaje de residuos Maíz sin pre fermento, bioensilaje con pre fermento de Suero de leche, bioensilaje con pre fermento de Estiércol Bovino y bioensilaje con pre fermento Mixto respectivamente, gráfico 18.

c. Producción de leche

La producción de leche se vio afectada por efecto de la adición de bioensilajes, así los promedios de producción de leche total y vaca/día presentaron diferencias estadísticas ($P<0.01$), registrándose una mayor producción de leche en las vacas tratadas con bioensilaje adicionado pre fermento de suero de leche con 787,14 Kg de leche total y 8,75 Kg de leche/vaca/día, seguido por los promedios de producción de leche determinados en las vacas tratadas mediante bioensilaje de Maíz únicamente y bioensilaje con pre fermento Mixto alcanzando promedios de 7,73 y 7,24 Kg de leche vaca/día correspondientemente, mientras que con la con la menor producción de leche se identificaron a los semovientes suplementados con bioensilaje elaborado a partir de pre fermento de Estiércol Bovino, determinándose un promedio de producción total de 540,64 Kg y una producción diaria de 6,01 Kg de leche, gráfico 19.

La producción de leche a los 90 días de estudio reportó inferioridad con respecto a Salazar, L. (2007) quien en su investigación sobre la “Evaluación “IN VIVO” de ensilaje de residuos agroindustriales y biológicamente acelerados en vacas lecheras determinó una producción de 1090.50 litros /vaca, en las vacas que se les suministro el ensilaje con suero de leche equivale a 11,86 litros/vaca/día. Los valores determinados son inferiores respecto a otros estudios realizados con suplementación de ensilado, por cuanto, Blanco, G. et al, (2005), con el propósito de evaluar la cantidad nutricional de ensilajes de forrajeras alternativas para ganado lechero obtuvo un desempeño productivo de 18 litros/día/vaca pero con un consumo voluntario de 14,3 kg/vaca//día: atribuyendo que las vacas presentaron una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes del ensilaje, de

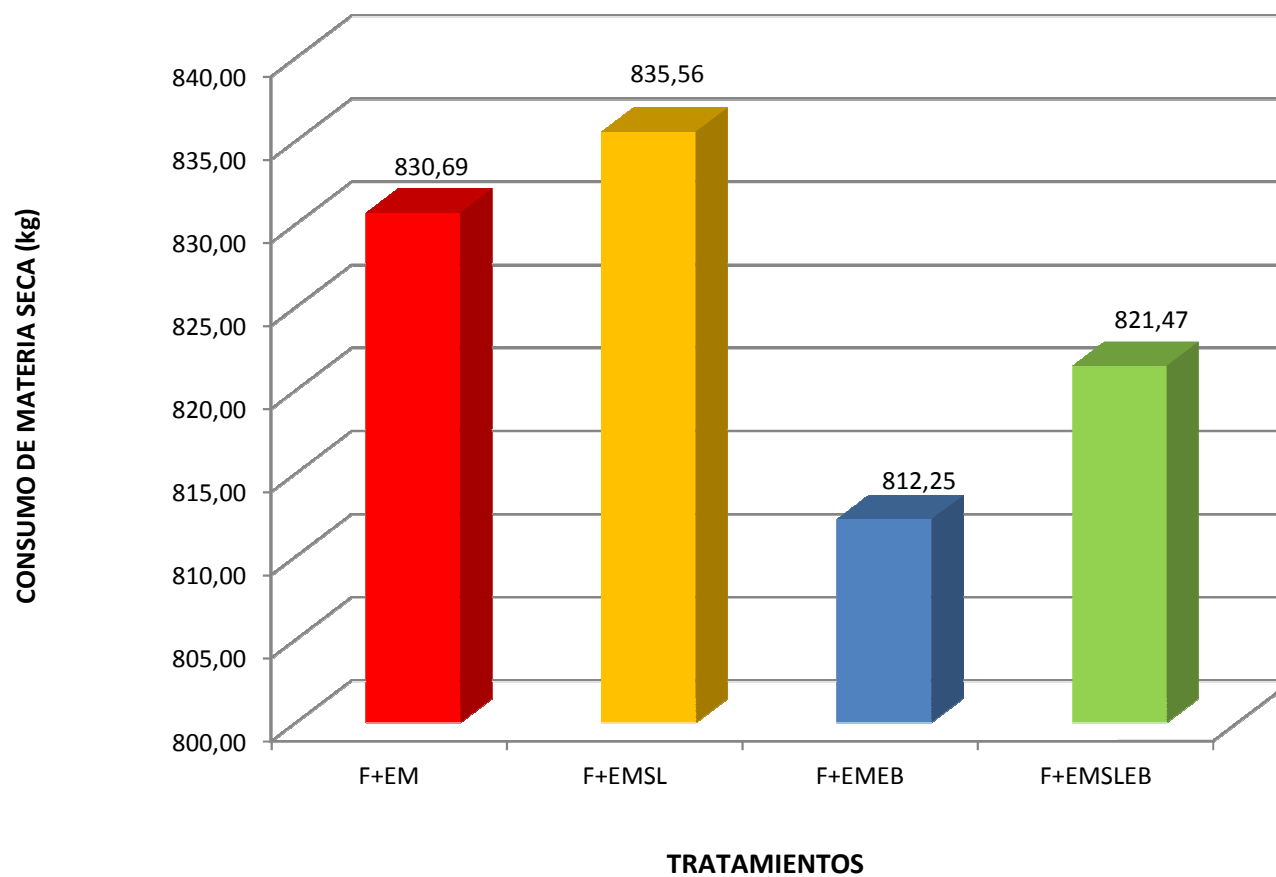


Gráfico 18. Consumo de materia seca en vacas lecheras Holstein, alimentadas con bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con tipos de prefermentos.

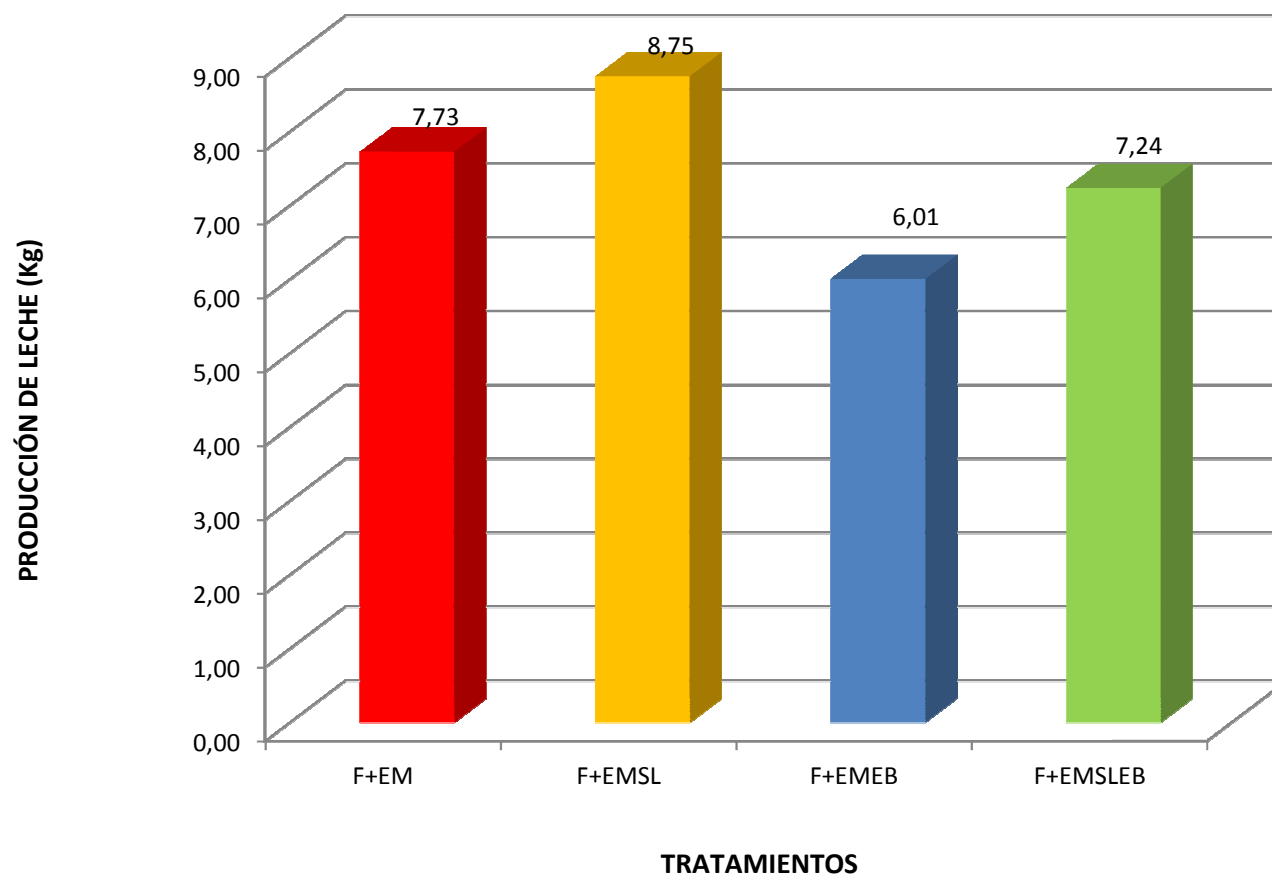


Gráfico 19. Producción de leche diaria en vacas lecheras Holstein, alimentadas con bioensilajes de rastrojo de maíz, elaborados con tipos de prefermentos.

igual manera, Lanuza, F, et al (2006), en la Universidad de Chile evaluaron el efecto de la suplementación con ensilaje de pradera permanente (2,46 kg/día), alcanzando producciones entre 14,69 y 15,07 litros/vaca/día, diferencias que pueden deberse a la calidad genética de los animales, así como a su manejo, pero lo que se desprende del presente trabajo , es que la utilización del ensilaje de rastrojo de maíz bioacelerado con suero de leche como suplemento de las vacas lecheras incrementan su producción, aunque estadísticamente no se refleje esta superioridad.

d. Conversión alimenticia

Referente a la conversión alimenticia se determinó efecto de la adición de bioensilajes, determinándose diferencias estadísticas ($P < 0.01$), registrándose una mayor eficiencia en la conversión del alimento a producción de leche en las vacas tratadas con bioensilaje adicionado el pre fermento de Suero de leche con un valor de conversión de 1,06, seguido por el promedio reportado en las vacas tratadas mediante bioensilaje de Maíz únicamente con una media de 1,19, posteriormente en las vacas suplementadas con bioensilaje elaborado a base de pre fermento Mixto se determinó un promedio de 1,26, mientras que con la menor eficiencia con un valor de 1,50 se identificó a los semovientes tratados con bioensilaje elaborado a partir de pre fermento de Estiércol Bovino.

Los resultados determinados en la presente investigación, para el bioensilaje elaborado con suero de leche están de acuerdo con lo citado por Bertoia, L. (2004), quien señala que en la masa verde consumida comienza muy pronto a producirse una serie de transformaciones bioquímicas mediante la acción de las enzimas que se caracterizan por origen hidrólisis y degradaciones de ciertas sustancias contenidas en las plantas en este caso también del bioensilaje, tales como los azúcares, el almidón y las proteínas, las mismas que al ser consumidas por los rumiantes presentaron mayores facilidades de absorción en el tracto gastrointestinal e incentivado la producción de leche y aprovechando la ingestión de materia seca.

D. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS.

Dentro del estudio económico de la producción vacas lecheras Holstein, alimentadas con pastoreo y bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos, en el cuadro 10, se determinaron los costos incurridos en cada uno de los tratamientos y durante el proceso productivo de vacas lecheras, representados por los rubros de cotización de animales, consumo de forraje, consumo bioensilajes, sanidad, mano de obra, servicios básicos, finalmente depreciación de instalaciones y equipos, en tanto que los ingresos estuvieron representados por la cotización final de animales, cotización de leche y estiércol producido. Es así que la mayor rentabilidad para la producción de leche se determinó mediante la suplementación alimenticia de vacas lecheras con bioensilaje de residuos de maíz, obtenido a partir del pre fermento con suero de leche, con un indicador de beneficio/costo de 1,18 USD, lo que se traduce en una rentabilidad de 0,18 USD, por cada dólar invertido en el proceso de producción. Por lo anteriormente descrito resulta útil, invertir en alternativas biotecnológicas de bajo costo, que permitan mejorar los rendimientos productivos de vacas lecheras.

Cuadro 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA EN LA EXPLOTACIÓN DE VACAS LECHERAS, ALIMENTADAS CON PASTOREO Y BIOENSILAJES OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE MAÍZ CON DIFERENTES PREFERMENTOS.

| CONCEPTO | TRATAMIENTOS | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | F+EM | F+EMSL | F+EMEB | F+EMSLEB |
| <u>EGRESOS</u> | | | | |
| Cotización de Animales 1 | 4826,00 | 4890,00 | 4818,00 | 4840,00 |
| Consumo de Forraje 2 | 524,70 | 530,10 | 523,80 | 525,60 |
| Consumo Bioensilajes 3 | 63,41 | 66,34 | 41,08 | 46,65 |
| Sanidad 4 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Mano de Obra 5 | 56,25 | 56,25 | 56,25 | 56,25 |
| Servicios Básicos 6 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Depreciación de Inst. y Equipos 7 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| TOTAL EGRESOS | 5492,36 | 5564,69 | 5461,13 | 5490,50 |
| <u>INGRESOS</u> | | | | |
| Cotización Final de Animales 8 | 4869,20 | 4944,60 | 4841,80 | 4876,40 |
| Cotización de Leche 9 | 1391,76 | 1574,28 | 1081,08 | 1303,92 |
| Estiércol 10 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| TOTAL INGRESOS | 6290,96 | 6548,88 | 5952,88 | 6210,32 |
| BENEFICIO/COSTO (USD) | 1,15 | 1,18 | 1,09 | 1,13 |

Fuente: Cardoso, F. 2013.

1: \$ 2/Kg de Peso en Pie.

2: \$ 20/Tn de Forraje.

3: \$ 0,057/Kg EM; 0,069/Kg EMSL; 0,059/Kg EMEB; 0,064/Kg EMSLEB.

4: \$ 12,0/Tratamiento, desparasitantes, vitaminas y desinfectantes.

5: \$ 300,00/Mes.

6: \$ 5/Tratamiento.

7: \$ 5/Tratamiento.

8: \$ 2/Kg de Peso en Pie.

9: \$ 0,40/Kg de Leche en Finca.

10: \$ 25/Estiércol/Tratamiento.

V. CONCLUSIONES

1. Se validó la Tecnología desarrollada en el Proyecto PFN-057 FUNDACYT para la Producción de Bioensilaje a partir de residuos de cosecha de maíz.
2. Los mejores resultados microbiológicos y químicos fueron determinados en el pre fermento elaborado a base de Suero de Leche, ya que presentó el mayor contenido de bacterias lácticas, dando por consiguiente un alto contenido de ácidos orgánicos.
3. En la obtención de bioensilajes, se determinó mayor producción de ácido láctico y nitrógeno verdadero, así como también menor contenido de ácido acético y nitrógeno amoniacal en el bioensilaje de residuos de maíz con pre fermento de Suero de Leche, reportándose además mayor contenido de proteína bruta y grasa con 16,69 y 1,77 % respectivamente, así como menor contenido de fibra con 20,31 %.
4. Se determinó la mejor ganancia de peso alcanzando un valor de 5,46 Kg, mayor producción de leche con 8,75/vaca/día y más eficiente conversión alimenticia alcanzando un promedio de 1,06 de conversión, en las vacas suplementadas con bioensilaje de residuos de maíz con pre fermento de Suero de Leche.
5. La mayor rentabilidad para la producción de leche, se determinó mediante la suplementación alimenticia de vacas lecheras con bioensilaje de residuos de maíz obtenido a partir del pre fermento de suero de leche, con un indicador de beneficio/costo de 1,18 USD, lo que se traduce en una rentabilidad de 0,18 USD, por cada dólar invertido en el proceso de producción.

VI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el bioensilaje de residuos de cosecha de maíz elaborado con pre fermento a base de suero de leche, como suplemento de vacas lecheras, ya que en la presente investigación presentó los mejores resultados, nutricionales, productivos y económicos.
2. Transferir los resultados obtenidos a nivel de pequeños medianos y grandes productores, sobre el uso de bioensilajes en función a las temporadas de cosecha, como alternativa suplementaria para mantener los rendimientos productivos en épocas de penuria.
3. Realizar otras investigaciones que permitan evaluar otros tipos de residuos agroindustriales como el tamo de cebada, avena y trigo, utilizando el pre fermento a base de suero de leche para obtener bioensilajes, a fin de obtener información que nos permita valorarlos nutricionalmente y utilizarlos en la alimentación de diferentes especies ganaderas.

VII. LITERATURA CITADA

1. ALVAREZ, R. 1981. Sustitución de maíz por Bioensilaje. Publicado por Monroy. Y Viniegra, G. en Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos.
2. BLANCO, G. et. al. 2005. Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje *Avena sativa* usando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein system (CNCPS). Sn. Revista Corpoica. Vol 6 N°2. pp. 86-90.
3. BUGSTALLER, G. 1981. Alimentación practica de ganado vacuno. Edición Acriba. Zaragoza, España.
4. CAMPABADAL, C. y NAVARRO, H. 2007. Alimentación de vacas secas. Boletines Asociación Americana de Soya. A.N. México. No. 153. p. 9.
5. DIAZ, B. Bioensilaje una alternativa biotecnologica para la alimentación de rumiantes. Tesis de grado de la Maestría en Biotecnología, de la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Riobamba, Ecuador. 1999.
6. ELLIOTT, R. 1983. Microorganismos de los alimentos: Técnicas de análisis microbiológico. Tr. Moreno, B. y Col. 2a ed. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
7. ELIZALDE, H. F., & GALLARDO C, M. 2003. Evaluación de ensilajes de avena y cebada en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento. Agricultura técnica, 63 (4), pp. 380-386.
8. GOMEZ, J. 1981. Bioquímica de las fermentaciones en Biotecnología para el aprovechamiento de los desprecios orgánicos.

9. GUEVARA, P. 2000. Valoración nutritiva de subproductos no tradicionales para la alimentación de rumiantes. p. 34.
10. HAZARD, S. 2010. Alimentación de vacas lecheras. INIA Carillanca.
11. <http://www.engormix.com>. Manejo de los ensilajes. (2013). 25/09/2013.
12. <http://www.fonsalpradese.org>. Utilización de ensilajes. (2013). 27/09/2013.
13. <http://www.fao.com>. Utilización de ensilaje en el trópico (2013). 30/09/2013.
14. LANUZA, F. et.al. 2006. Niveles de Suplementación estival con ensilaje de pradera permanente para vacas lecheras a pastoreo. Memorias de la XX Reunión anual de Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. (SOCHIPA), Osorno, Chile. pp. 58-75.
15. LEES, R. 1982. Análisis de los alimentos: métodos analíticos y de control de calidad. Tr. Fernández, J. 2a ed. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
16. MANTEROLA, B. 2011. Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes”, Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
17. MARTÍNEZ, A. MENDOZA, G. GONZÁLEZ, S. 2008. Evaluación in vitro de un ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 24(3):247-250.
18. OJEDA, F. 1991. Conservación de forrajes. Edit. Pueblo y educación. La Habana, Cuba.
19. SALAZAR, L. 2007. “Evaluación “IN VIVO” de Ensilaje de Residuos Agroindustriales y Biológicamente Acelerados en vacas lecheras

(Proyecto ESPOCH- FUNDACYT PFN O57)". Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba- Ecuador, p. 66.

20. SUAREZ, P. 2011. Ensilaje de Banano (rechazo) como Suplemento Alimenticio para Ganado Bovino en el Segundo Tercio de la Lactancia. Tesis de Grado. ESPOCH. Riobamba- Ecuador.
21. TRUMAN. G. 1994. Producción de proteínas de origen unicelular con destino a la alimentación. Revista Universal técnica particular de Loja N° 15.
22. WATSON, S. y SMITH, A. 1995. Ensilaje. Tr Vera, R. 9a impresión. Edit. Continental. México.
23. WISMAN, A. 1986. Principios de biotecnología. Edit Acribia. Zaragoza, España.
24. WATTIAUX, M. 2007. The future role of silage in sustainable animal production sn. Sl. Edit. J. Dairy. Sci. pp. 23- 35.
25. WATTIAUX, M. 2010. Alimentos para vacas lecheras. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Esenciales Lecheras Universidad de Wisconsin-Madison.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de las características químicas de prefermentos obtenidos a partir de fuentes de microorganismos nativos, para su utilización en elaboración de Bioensilajes.

a. ÁCIDO PROPIÓNICO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|------------|--------------|--------------|--------|--------|
| Total | 5 | 2.3283333E-6 | | | |
| Tratamiento | 2 | 2.3033333E-6 | 1.1516667E-6 | 138.20 | 0.0011 |
| Error | 3 | 2.5E-8 | 8.3333333E-9 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 11.65367 | 0.000091 | 0.000783 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 0.00160000 | 2 | SL | | |
| B | 0.00065000 | 2 | SLEB | | |
| C | 0.00010000 | 2 | EB | | |

b. ÁCIDO BUTÍRICO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|-----------|--------------|--------------|--------|--------|
| Total | 5 | 8.4533333E-6 | | | |
| Tratamiento | 2 | 8.4133333E-6 | 4.2066667E-6 | 315.50 | 0.0003 |
| Error | 3 | 4E-8 | 1.3333333E-8 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 8.056050 | 0.000115 | 0.001433 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 0.0029000 | 2 | SL | | |
| B | 0.0014000 | 2 | SLEB | | |
| C | 0.0000000 | 2 | EB | | |

c. ÁCIDO LÁCTICO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| Total | 5 | 0.00355683 | | | |
| Tratamiento | 2 | 0.00354033 | 0.00177017 | 321.85 | 0.0003 |
| Error | 3 | 0.00001650 | 0.00000550 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 4.251132 | 0.002345 | 0.055167 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 0.088000 | 2 | SL | | |
| B | 0.047500 | 2 | SLEB | | |
| C | 0.030000 | 2 | EB | | |

Anexo 2. Análisis de varianza de las características químicas de Bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos.

a. ÁCIDO LÁCTICO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| Total | 7 | 0.31880000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.31480000 | 0.10493333 | 104.93 | 0.0003 |
| Error | 4 | 0.00400000 | 0.00100000 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 1.827906 | 0.031623 | 1.730000 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 2.07000 | 2 | SL | | |
| B | 1.64000 | 2 | SLEB | | |
| B | 1.64000 | 2 | EB | | |
| B | 1.57000 | 2 | EM | | |

b. ÁCIDO ACÉTICO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| Total | 7 | 0.13715000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.13545000 | 0.04515000 | 106.24 | 0.0003 |
| Error | 4 | 0.00170000 | 0.00042500 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 1.788766 | 0.020616 | 1.152500 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 1.37500 | 2 | EM | | |
| B | 1.10000 | 2 | EB | | |
| B | 1.09000 | 2 | SLEB | | |
| B | 1.04500 | 2 | SL | | |

c. NITROGENO TOTAL INICIAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|-------------|-------|--------|
| Total | 7 | 0.04088750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.03613750 | 0.01204583 | 10.14 | 0.0243 |
| Error | 4 | 0.00475000 | 0.00118750 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 2.710727 | 0.034460 | 1.271250 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 1.38500 | 2 | SL | | |
| B | 1.25500 | 2 | EM | | |
| B | 1.23000 | 2 | SLEB | | |
| B | 1.21500 | 2 | EB | | |

d. NITRÓGENO AMONIAL INICIAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 0.01680000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.01540000 | 0.00513333 | 14.67 | 0.0127 |
| Error | 4 | 0.00140000 | 0.00035000 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 4.454354 | 0.018708 | 0.420000 | | |

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 0.45500 | 2 | EB |
| | A | 0.44500 | 2 | SLEB |
| | A | 0.43500 | 2 | EM |
| | B | 0.34500 | 2 | SL |

e. NITRÓGENO VERDADERO INICIAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 0.10208750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.09863750 | 0.03287917 | 38.12 | 0.0021 |
| Error | 4 | 0.00345000 | 0.00086250 | | |

%CV 3.450026 DS 0.029368 MM 0.851250

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 1.04000 | 2 | SL |
| | B | 0.82000 | 2 | EM |
| | B | 0.78500 | 2 | SLEB |
| | B | 0.76000 | 2 | EB |

f. NITRÓGENO TOTAL FINAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 0.03295000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.03225000 | 0.01075000 | 61.43 | 0.0008 |
| Error | 4 | 0.00070000 | 0.00017500 | | |

%CV 0.974494 DS 0.013229 MM 1.357500

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 1.41500 | 2 | SL |
| | A | 1.38500 | 2 | SLEB |
| | A | 1.38000 | 2 | EM |
| | B | 1.25000 | 2 | EB |

g. NITRÓGENO AMONIACAL FINAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 0.00828750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.00703750 | 0.00234583 | 7.51 | 0.0404 |
| Error | 4 | 0.00125000 | 0.00031250 | | |

%CV 3.149696 DS 0.017678 MM 0.561250

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 0.58000 | 2 | EM |
| | A | 0.58000 | 2 | EB |
| | A | 0.57500 | 2 | SLEB |
| | B | 0.51000 | 2 | SL |

h. NITRÓGENO VERDADERO FINAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 0.05818750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.05593750 | 0.01864583 | 33.15 | 0.0028 |
| Error | 4 | 0.00225000 | 0.00056250 | | |

%CV 2.978597 DS 0.023717 MM 0.796250

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 0.90500 | 2 | SL |
| | B | 0.81000 | 2 | SLEB |
| | B | 0.80000 | 2 | EM |
| | C | 0.67000 | 2 | EB |

Anexo 3. Análisis de varianza de los componentes bromatológicos del bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos.

a. MATERIA SECA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|-------------|-------------|-------|--------|
| Total | 7 | 18.67480000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 14.86510000 | 4.95503333 | 5.20 | 0.0725 |
| Error | 4 | 3.80970000 | 0.95242500 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 5.351920 | 0.975923 | 18.23500 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 19.8400 | 2 | SLEB | | |
| B A | 18.8850 | 2 | SL | | |
| B A | 18.0800 | 2 | EM | | |
| B | 16.1350 | 2 | EB | | |

b. HUMEDAD

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|-------------|-------------|-------|--------|
| Total | 7 | 18.67480000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 14.86510000 | 4.95503333 | 5.20 | 0.0725 |
| Error | 4 | 3.80970000 | 0.95242500 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 1.193570 | 0.975923 | 81.76500 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 83.8650 | 2 | EB | | |
| B A | 81.9200 | 2 | EM | | |
| B A | 81.1150 | 2 | SL | | |
| B | 80.1600 | 2 | SLEB | | |

c. PROTEINA BRUTA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|-------------|-------|--------|
| Total | 7 | 9.48948750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 9.18313750 | 3.06104583 | 39.97 | 0.0019 |
| Error | 4 | 0.30635000 | 0.07658750 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 1.851288 | 0.276744 | 14.94875 | | |
| | | | | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 16.6850 | 2 | SL | | |
| B | 14.7800 | 2 | SLEB | | |
| B | 14.5650 | 2 | EM | | |
| C | 13.7650 | 2 | EB | | |

d. FIBRA BRUTA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----------|-------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 20.84008750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 15.76963750 | 5.25654583 | 4.15 | 0.1015 |
| Error | 4 | 5.07045000 | 1.26761250 | | |
| | | | | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 5.053618 | 1.125883 | 22.27875 | | |

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|--------|---|-------------|
| | A | 24.080 | 2 | EM |
| | B A | 22.975 | 2 | EB |
| | B A | 21.750 | 2 | SLEB |
| | B | 20.310 | 2 | SL |

e. GRASA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|--------|--------|
| Total | 7 | 0.30048750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.29913750 | 0.09971250 | 295.44 | <.0001 |
| Error | 4 | 0.00135000 | 0.00033750 | | |

%CV 1.178584 DS 0.018371 MM 1.558750

| Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--------|---------|---|-------------|
| A | 1.77000 | 2 | SL |
| B | 1.63500 | 2 | EM |
| B | 1.58500 | 2 | SLEB |
| C | 1.24500 | 2 | EB |

f. EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|-------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 10.72115000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 5.08945000 | 1.69648333 | 1.20 | 0.4152 |
| Error | 4 | 5.63170000 | 1.40792500 | | |

%CV 2.282176 DS 1.186560 MM 51.99250

| Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--------|--------|---|-------------|
| A | 52.890 | 2 | SLEB |
| A | 52.240 | 2 | SL |
| A | 52.135 | 2 | EB |
| A | 50.705 | 2 | EM |

g. CENIZA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 2.64388750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 1.15773750 | 0.38591250 | 1.04 | 0.4659 |
| Error | 4 | 1.48615000 | 0.37153750 | | |

%CV 6.610153 DS 0.609539 MM 9.221250

| Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--------|--------|---|-------------|
| A | 9.8800 | 2 | EB |
| A | 9.0150 | 2 | EM |
| A | 8.9950 | 2 | SL |
| A | 8.9950 | 2 | SLEB |

h. MATERIA ORGÁNICA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 7 | 2.64388750 | | | |
| Tratamiento | 3 | 1.15773750 | 0.38591250 | 1.04 | 0.4659 |
| Error | 4 | 1.48615000 | 0.37153750 | | |

%CV 0.671455 DS 0.609539 MM 90.77875

| Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--------|---------|---|-------------|
| A | 91.0050 | 2 | SL |
| A | 91.0050 | 2 | SLEB |
| A | 90.9850 | 2 | EM |
| A | 90.1200 | 2 | EB |

Anexo 4. Análisis de varianza de los parámetros productivos de vacas lecheras, alimentadas con pastoreo y bioensilajes obtenidos a partir de residuos de cosecha de maíz con diferentes prefermentos.

a. PESO INICIAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----------|-------------|-------------|-------|--------|
| Total | 19 | 24034.55000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 156.55000 | 52.18333 | 0.38 | 0.7708 |
| Repetición | 4 | 22220.30000 | 5555.07500 | 40.21 | <.0001 |
| Error | 12 | 1657.70000 | 138.14167 | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 2.426627 | 11.75337 | 484.3500 | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 489.000 | 5 | F+EMSL | | |
| A | 484.000 | 5 | F+EMSLEB | | |
| A | 482.600 | 5 | F+EM | | |
| A | 481.800 | 5 | F+EMEB | | |

b. PESO FINAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----------|-------------|-------------|-------|--------|
| Total | 19 | 24252.00000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 286.30000 | 95.43333 | 0.68 | 0.5782 |
| Repetición | 4 | 22293.84500 | 5573.46125 | 40.00 | <.0001 |
| Error | 12 | 1671.85500 | 139.32125 | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 2.417252 | 11.80344 | 488.3000 | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 494.460 | 5 | F+EMSL | | |
| A | 487.640 | 5 | F+EMSLEB | | |
| A | 486.920 | 5 | F+EM | | |
| A | 484.180 | 5 | F+EMEB | | |

c. GANANCIA DE PESO

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----------|-------------|-------------|--------|--------|
| Total | 19 | 25.55000000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 24.89000000 | 8.29666667 | 193.32 | <.0001 |
| Repetición | 4 | 0.14500000 | 0.03625000 | 0.84 | 0.5233 |
| Error | 12 | 0.51500000 | 0.04291667 | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 5.244643 | 0.207163 | 3.950000 | | |
| Duncan | Media | N | Tratamiento | | |
| A | 5.4600 | 5 | F+EMSL | | |
| B | 4.3200 | 5 | F+EM | | |
| C | 3.6400 | 5 | F+EMSLEB | | |
| D | 2.3800 | 5 | F+EMEB | | |

d. CONSUMO DE FORRAJE/DÍA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----------|------------|------------|-------|--------|
| Total | 19 | 5.47322000 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.03658000 | 0.01219333 | 0.38 | 0.7673 |
| Repetición | 4 | 5.05447000 | 1.26361750 | 39.68 | <.0001 |
| Error | 12 | 0.38217000 | 0.03184750 | | |
| | %CV | DS | MM | | |
| | 2.024948 | 0.178459 | 8.813000 | | |

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|--------|---|-------------|
| | A | 8.8840 | 5 | F+EMSL |
| | A | 8.8080 | 5 | F+EMSLEB |
| | A | 8.7860 | 5 | F+EM |
| | A | 8.7740 | 5 | F+EMEB |

e. CONSUMO DE ENSILAJE/DÍA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|--------|-----|--------|
| Total | 19 | 0.11245500 | | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.11093500 | 0.03697833 | 407.10 | | <.0001 |
| Repetición | 4 | 0.00043000 | 0.00010750 | 1.18 | | 0.3668 |
| Error | 12 | 0.00109000 | 0.00009083 | | | |

%CV 2.696083 DS 0.009531 MM 0.353500

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|----------|---|-------------|
| | A | 0.444000 | 5 | F+EM |
| | B | 0.400000 | 5 | F+EMSL |
| | C | 0.320000 | 5 | F+EMSLEB |
| | D | 0.250000 | 5 | F+EMEB |

f. CONSUMO DE MATERIA SECA/DÍA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|-----|--------|
| Total | 19 | 5.64702000 | | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.19530000 | 0.06510000 | 1.98 | | 0.1703 |
| Repetición | 4 | 5.05787000 | 1.26446750 | 38.53 | | <.0001 |
| Error | 12 | 0.39385000 | 0.03282083 | | | |

%CV 1.976276 DS 0.181165 MM 9.167000

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|--------|---|-------------|
| | A | 9.2840 | 5 | F+EMSL |
| | A | 9.2300 | 5 | F+EM |
| | A | 9.1280 | 5 | F+EMSLEB |
| | A | 9.0260 | 5 | F+EMEB |

g. CONSUMO TOTAL DE MATERIA SECA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----|-------------|-------------|-------|-----|--------|
| Total | 19 | 45736.34412 | | | | |
| Tratamiento | 3 | 1594.72188 | 531.57396 | 2.00 | | 0.1678 |
| Repetición | 4 | 40952.17927 | 10238.04482 | 38.52 | | <.0001 |
| Error | 12 | 3189.44297 | 265.78691 | | | |

%CV 1.976137 DS 16.30297 MM 824.9920

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|--------|---|-------------|
| | A | 835.56 | 5 | F+EMSL |
| | A | 830.69 | 5 | F+EM |
| | A | 821.47 | 5 | F+EMSLEB |
| | A | 812.25 | 5 | F+EMEB |

h. PRODUCCIÓN VACA/DÍA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F | Ca1 | Pr > F |
|---------------------|----|-------------|------------|--------|-----|--------|
| Total | 19 | 20.65712000 | | | | |
| Tratamiento | 3 | 19.42708000 | 6.47569333 | 295.28 | | <.0001 |
| Repetición | 4 | 0.96687000 | 0.24171750 | 11.02 | | 0.0005 |
| Error | 12 | 0.26317000 | 0.02193083 | | | |

%CV 1.992608 DS 0.148091 MM 7.432000

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 8.74600 | 5 | F+EMSL |
| | B | 7.73200 | 5 | F+EM |
| | C | 7.24400 | 5 | F+EMSLEB |
| | D | 6.00600 | 5 | F+EMEB |

i. PRODUCCIÓN TOTAL

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|-------------|------------|--------|--------|
| Total | 19 | 167145.5137 | | | |
| Tratamiento | 3 | 157202.8895 | 52400.9632 | 290.76 | <.0001 |
| Repetición | 4 | 7779.9809 | 1944.9952 | 10.79 | 0.0006 |
| Error | 12 | 2162.6433 | 180.2203 | | |

%CV DS MM
2.006805 13.42461 668.9545

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 787.140 | 5 | F+EMSL |
| | B | 695.892 | 5 | F+EM |
| | C | 652.146 | 5 | F+EMSLEB |
| | D | 540.640 | 5 | F+EMEB |

j. CONVERSIÓN ALIMENTICIA

| Fuente de Variación | GL | SC | CM | F Cal | Pr > F |
|---------------------|----|------------|------------|-------|--------|
| Total | 19 | 0.55445500 | | | |
| Tratamiento | 3 | 0.51113500 | 0.17037833 | 93.19 | <.0001 |
| Repetición | 4 | 0.02138000 | 0.00534500 | 2.92 | 0.0669 |
| Error | 12 | 0.02194000 | 0.00182833 | | |

%CV DS MM
3.411170 0.042759 1.253500

| | Duncan | Media | N | Tratamiento |
|--|--------|---------|---|-------------|
| | A | 1.50200 | 5 | F+EMEB |
| | B | 1.25800 | 5 | F+EMSLEB |
| | C | 1.19200 | 5 | F+EM |
| | D | 1.06200 | 5 | F+EMSL |